

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA
ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA
Grado en Ciencias Ambientales



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

**“Estudio de la efectividad de
sustratos artificiales como lugares de
puesta de sepia y camalar”**

TRABAJO FINAL DE GRADO

Autor/a:
Blanca Feliu Tena

Tutor/a:
Miguel Rodilla Alamà
Juan Pablo Martín Díaz

GANDIA, 2016

Agradecimientos

En primer lugar me gustaría agradecer la colaboración a la Cofradía de Pescadores de Gandía por su dedicado interés en este pequeño proyecto. A los pescadores que me he ido encontrando en mis visitas a las jaulas ubicadas en el puerto por el trato tan familiar y cercano que me han brindado, así como por compartir información de gran interés conmigo y acompañarme en numerosos ratos.

A los compañeros del Máster MEMIC, gracias por estar siempre dispuestos a enfundaros el neopreno y echar un cable en todo lo que habéis podido. Me ha encantado compartir esos ratos con vosotros.

A mi mamá, M^a Jesús, que aunque no ha sido partícipe directa del proyecto siempre confía en que puedo lograr lo que me proponga, que aunque suene a tópico, es un buen motor de propulsión cuando empiezas a creer que no llegas.

A Juan Pablo, que como cotutor ha contribuido muchísimo en la documentación del trabajo, lo cual ha sido de gran ayuda para aligerar toda la parte teórica.

Y, como no, a mi tutor Miguel Rodilla, que no cabe duda de que ha explotado todos los recursos posibles e imposibles para sacar adelante el proyecto, ha dedicado el tiempo que apenas tenía y ha hecho posible el logro de esta memoria.

Muchísimas gracias A TODOS.

Resumen

Las capturas pesqueras de cefalópodos se han incrementado a nivel global. Los pescadores artesanales de Gandía explotan un “metier” de sepia capturada con trasmallo. Las capturas de esta pesquería han oscilado considerablemente de un año a otro y se percibe un descenso en capturas en el último periodo. En la gestión de las pesquerías de cefalópodos se plantea incrementar los hábitats que favorecen las puestas, puesto que la mayoría de las capturas por pesca artesanal se asocian a los hábitos y periodo reproductor. En este trabajo, se evalúa el efecto de sustratos artificiales para favorecer la puesta de sepia (*Sepia officinalis*) y calamar (*Loligo vulgaris* y *Loligo forbesi*) sobre arenas, la influencia batimétrica y la posibilidad de recuperar las puestas que han sido fijadas en artes de pesca y que habitualmente se perderían. Los resultados muestran que es factible recuperar los huevos fijados en las redes e incrementar el éxito reproductor de las especies. Hay preferencia de los calamares por sustratos más profundos, superiores a 10 metros, mientras que la sepia utiliza los más superficiales hasta -10 m. La sepia utiliza los sustratos más complejos, mientras que los calamares utilizan sustratos sencillos, siendo útiles las boyas de profundidad.

Palabras clave: *Sepia officinalis*; *Loligo*; gestión pesquera; sustratos artificiales; DACs.

Abstract

Fishing catches of cephalopods have been increasing during the last years globally. The artisanal fishermen from Gandía operate a “metier” that corresponds to the catches of cuttlefish throughout driftnet. Catches by these fisheries have fluctuated significantly from one year to another and it has been perceived a decrease of catches in the last period. People responsible of the management of the fishing cephalopods are considering increasing the habitats that favour their spawning because the majority of the catches by artisanal fisheries are associated to the habitats and the reproductive period of these species. On this project, it has been evaluated the effects of the artificial substrates that stimulate the spawning of cuttlefish (*Sepia officinalis*) and squid (*Loligo vulgaris* and *Loligo forbesi*) on sandy bottoms. In addition, it has been also studied the influence of bathymetry on these substrates and the possibility of recovering the spawning that has been fixed on driftnets and it would be thrown out. The results have shown that it is possible to recover the eggs fixed on driftnets and to increase the reproductive success of these species. The squids prefer substrates on major depths, among 10 meters and more deep zones. The cuttlefishes prefer superficial depths, 10 meters maximum. The substrates used by cuttlefishes are more complex, while squids need simpler substrates for which are useful the deep buoys.

Key words: *Sepia officinalis*; *Loligo*; fisheries management; artificial substrates; DACs.

Índice

1. Introducción.....	5
1.1. Sepia común (<i>Sepia officinalis</i> , Linnaeus 1758).....	13
1.1.1. Etología de la especie.....	14
1.1.2. Características generales de la reproducción y puesta.....	15
1.2. Calamar europeo (<i>Loligo vulgaris</i> Lamarck, 1798) y calamar veteadado (<i>Loligo forbesi</i> Steenstrup, 1856)	19
1.2.1. Etología del género	19
1.2.2. Características generales de la reproducción y puesta.....	20
2. Objetivos	22
3. Materiales y métodos.....	22
3.1. Gestión de huevos eliminados de las artes de pesca.....	23
3.2. Creación de sustratos artificiales para la cría de huevos	25
4. Resultados y discusión.....	29
4.1. Gestión de huevos eliminados de las artes de pesca.....	30
4.1.1. Dificultades	32
4.2. Análisis de la efectividad de los sustratos artificiales	33
4.2.1. <i>Sepia officinalis</i>	34
4.2.2. <i>Loligo</i> (<i>L. vulgaris</i> y <i>L. forbesi</i>).....	38
4.2.3. Dificultades	45
5. Conclusiones.....	46
6. Bibliografía.....	49

1. Introducción

En Gandía se encuentra uno de los puertos pesqueros con mayor actividad de pesca artesanal de la costa mediterránea. Según el inventario de Alarcón (2001) de la Pesca Artesanal en España Mediterránea la Cofradía de Pescadores de Gandía cuenta con el mayor número de embarcaciones de pesca artesanal de la Comunidad Valenciana (Alarcón, 2001). La zona de pesca colinda con las zonas de Cullera (al norte) y de Denia (al sur). Cullera consta registrado como el segundo puerto pesquero artesanal con más embarcaciones dedicadas a estas artes artesanales de la costa valenciana, por lo que los recursos pesqueros de esta zona están altamente perseguidos. En los últimos años ha habido un notable descenso global en las capturas en esta zona, notándose también esta caída en varias especies de cefalópodos (Cofradía de Pescadores de Gandía, 2016), estas variaciones se ven representadas en la Figura 1.

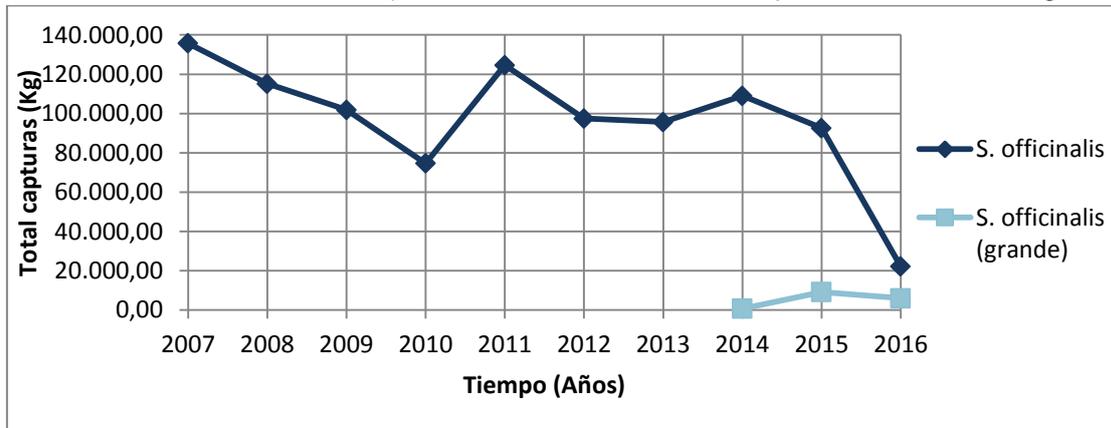


Figura 1. Representación gráfica de las capturas totales (Kg) anuales de Sepia por la Cofradía de Pescadores de Gandía. Fuente: (Cofradía de Pescadores de Gandía, 2016).

El arte de pesca artesanal más utilizado por estos pescadores es el trasmallo, calan las redes durante la tarde/noche de un día para retirarlas al día siguiente por la mañana. En numerosas ocasiones, en el momento de retirar estas redes se hallan huevos de sepia y calamar enganchados a ellas, estos huevos son retirados de las redes, algunos los devuelven al agua, donde la esperanza de éxito queda ya muy reducida, pues estos huevos quedan a la deriva y es muy fácil que las corrientes los arrastren a la orilla, mientras que otros los depositan en un contenedor de basura y se pierden definitivamente.

Desde 1950 hasta 2002, se ha observado una tenencia creciente en las capturas obtenidas en de esta clase (Figura 2). Particularmente, el género *Sepiidae* es considerado un recurso marino relativamente importante a nivel global (Almonacid Rioseco, 2006) (Abecasis *et al.*, 2013), del cual, aun siendo el grupo más estudiado, se dispone de escasa información pesquera, sobre todo aquella que se refiere a la actividad artesanal. Se observa como este recurso sufre fuertes variaciones en las capturas, posiblemente condicionadas por una serie de factores biológicos y físicos, especialmente las oscilaciones climáticas estacionales. En la Figura 3 se muestra el porcentaje que representa la especie *S. officinalis* del total de cefalópodos capturados. Los valores aquí expuestos no contemplan toda aquella pesca que se realiza de manera ilegal o de forma recreativa, por lo que los valores reales resultarían superiores (Almonacid Rioseco, 2006).

El aumento de capturas que se aprecia en la Figura 2 puede tener una explicación gracias a un reciente estudio de la australiana Doubleday, en el cual se lanza la

hipótesis de que el cambio climático con su calentamiento global repercute en las poblaciones de cefalópodos a nivel mundial de manera positiva. Dado que la maduración sexual de estos animales y el periodo de desarrollo embrionario está muy ligado a la temperatura del medio, el evidente aumento de la temperatura del agua a nivel mundial acelera el proceso embrionario, por lo que conlleva una aceleración del ciclo de vida de los cefalópodos permitiendo un crecimiento de la población más rápido (Doubleday *et al.*, 2016). De hecho, Dominges *et al.* (2002) demostró la transcendencia de la temperatura en el ciclo de vida de la *S. officinalis*, ya que a temperaturas bajas, el ciclo de vida es más prolongado y se alcanzan tamaños de sepias mayores, por lo que en el periodo de puestas, aunque son un poco más tardías. Al igual que las sepias en el estudio de Dominges *et al.* (2002), los otros dos tipos de cefalópodos mediterráneos poseen las mismas características fisiológicas, por lo que el efecto se podría considerar equivalente. Estas conclusiones llevan a pensar que la población tal vez aumente, pero el tamaño de los ejemplares será menor, en cualquier caso. Seguramente este aumento de población pueda sostenerse a corto plazo, ya que las comunidades marinas a nivel global siguen estando sobreexplotadas y el ecosistema no podrá sostener la elevada población de cefalópodos que se prevé según este estudio.

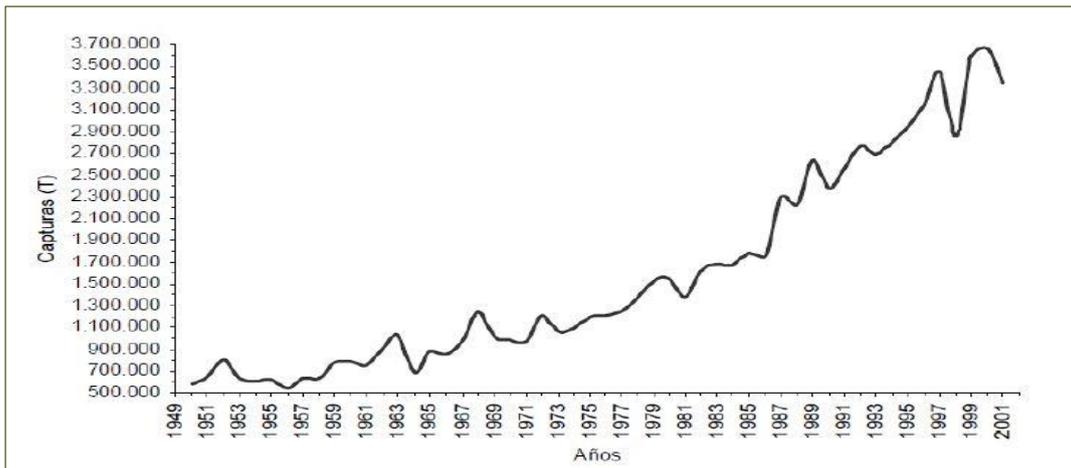


Figura 2. Capturas históricas mundiales de cefalópodos. Fuente: (Almonacid Rioseco, 2006)

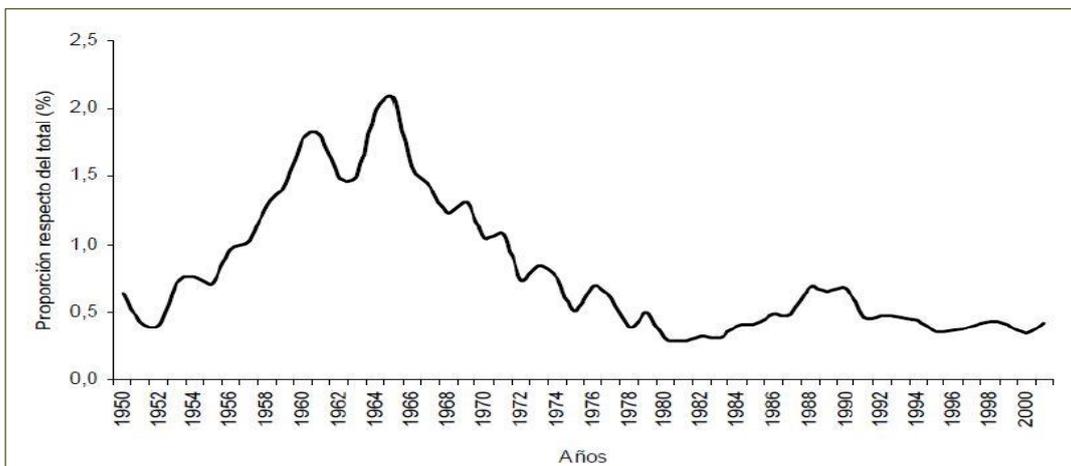


Figura 3. Proporción de capturas de *S. officinalis* en relación al total de cefalópodos. Fuente: (Almonacid Rioseco, 2006)

Además de las capturas por pesca artesanal, la población de cefalópodos también se ve perseguida por la pesca recreativa, en especial la sepia (*S. officinalis*). Así como

existen datos de la pesca profesional registrados, la pesca recreativa no está regulada ni documentada, por lo que toda la información descrita en esta introducción sobre dicho tema ha sido obtenida a través de conversaciones con pescadores de la zona y gracias al conocimiento tradicional transmitido boca a boca. La pesca recreativa se puede llevar a cabo mediante tres técnicas diferentes: a) pesca con sedal (Figura 4A); b) fondeo de nasas (Figura 4B) y c) utilizando una hembra como cebo (Figura 4C). La primera técnica (a) consiste en la utilización de unos sedales especiales para este tipo de pesca (Figura 5), con una caña de pescar fina (cuanto más fina mejor, ya que las sepias no luchan ni hacen movimientos bruscos, por lo que cuanto más fina sea la caña mejor se apreciará el movimiento de cuando se hayan enganchado), se pueden colocar uno o dos sedales distribuidos en la vertical del hilo de pescar, con un plomo de unos 50 g para que haga peso y se mantenga la posición. Los sedales, además, suelen llevar un ligero plomo incorporado para equilibrar el movimiento del sedal que tiene una morfología intermedia entre la morfología de peces y gambas o langostinos. Los colores son relevantes en este tipo de pesca, dependiendo de la luz que penetre en el agua, lo turbia que pueda estar y la profundidad a la que se esté pescando, serán más óptimos unos colores u otros. No se trata solamente del color diferenciable, ya que los cefalópodos no son capaces de distinguir colores, pero sí pueden detectar el plano de luz polarizada (Guerra, 1992), por lo que son atraídos por los reflejos luminosos. Para saber qué combinación de colores resulta óptima cada día según la combinación de factores lumínicos lo que se hace es probar primero con varios colores diferentes a la vez y una vez se ve a qué color se están acercando más los animales, se cambian todos a ese mismo color. Una vez el animal se ha enganchado al sedal, se recoge el hilo poco a poco y cuando ya se ve en superficie se recoge con un salabre y se sube al barco con cuidado por si el animal echa la tinta. Con la pesca recreativa del calamar se sigue una técnica idéntica a la de la sepia, pero con una forma de sedales diferente (poteras). Los calamares son más agresivos, por lo que la caña utilizada podrá ser más gruesa y los sedales son más robustos. La profundidad aproximada de pesca de *S. officinalis* está entre 15 y 20 metros. Este tipo de técnica se ve favorecida cuando sopla ligeramente el viento de poniente y va desplazando la barca lentamente, los sedales se van desplazando en el agua y tienen un aspecto y movimiento más real y efectivo. La segunda técnica utilizada (b) consiste en el fondeo de nasas, que tienen un orificio de entrada cónico, así el animal entra por un hueco amplio y una vez dentro se desorienta, ya que el orificio de salida es mucho más pequeño. Para atraer a los animales al interior de las nasas se introducen ramas de lentisco o similares, de forma que las sepias entran atraídas por un lugar apto para la puesta. La tercera técnica (c) no utiliza sedales ni substratos artificiales, esta técnica se caracteriza por utilizar como cebo una hembra de la especie (*S. officinalis*). Se hace pasar el hilo de pescar atravesando el manto de una hembra previamente capturada con alguna de las técnicas anteriormente descritas, el hilo atraviesa desde la punta de la espina hacia la cabeza, enganchándose al manto (según las explicaciones no supone excesivo malestar para el animal). Una vez sujeto el animal al hilo, se echa al agua y se empieza a remar lentamente, de forma que los machos desde abajo ven cómo una hembra avanza y se lanzan a copular con ella. Una vez se han enganchado para llevar a cabo la cópula se va recogiendo el hilo y nuevamente con ayuda de un salabre se sube a la barca. La hembra se vuelve a echar al agua para repetir el proceso. Esta tercera técnica es más efectiva cuando se realiza cerca de la escollera. La temporada de pesca recreativa comienza entre septiembre y octubre, siendo los meses de

octubre y noviembre la temporada más alta para ir a la sepia. A principio de temporada se pesca a profundidades menores y tal como va avanzando la temporada las profundidades en que se encuentran los animales aumenta. No existen áreas determinadas que aseguren las capturas, son animales con gran capacidad de movilidad y no permanecen nunca estables. Los pescadores recreativos se guían por los movimientos de los pescadores profesionales para echar sus cañas al agua. Según estos conocimientos populares, se sabe que, en la temporada pasada, temporada 2015, las capturas fueron muy bajas. Los dos años anteriores a 2015 se conoce que sí hubo capturas muy abundantes. Cuando hay oportunidad, estos pescadores recreativos no tienen límites en cuanto a las capturas, como no es un arte regulado las cantidades que pueden llegar a llevarse son excesivas.

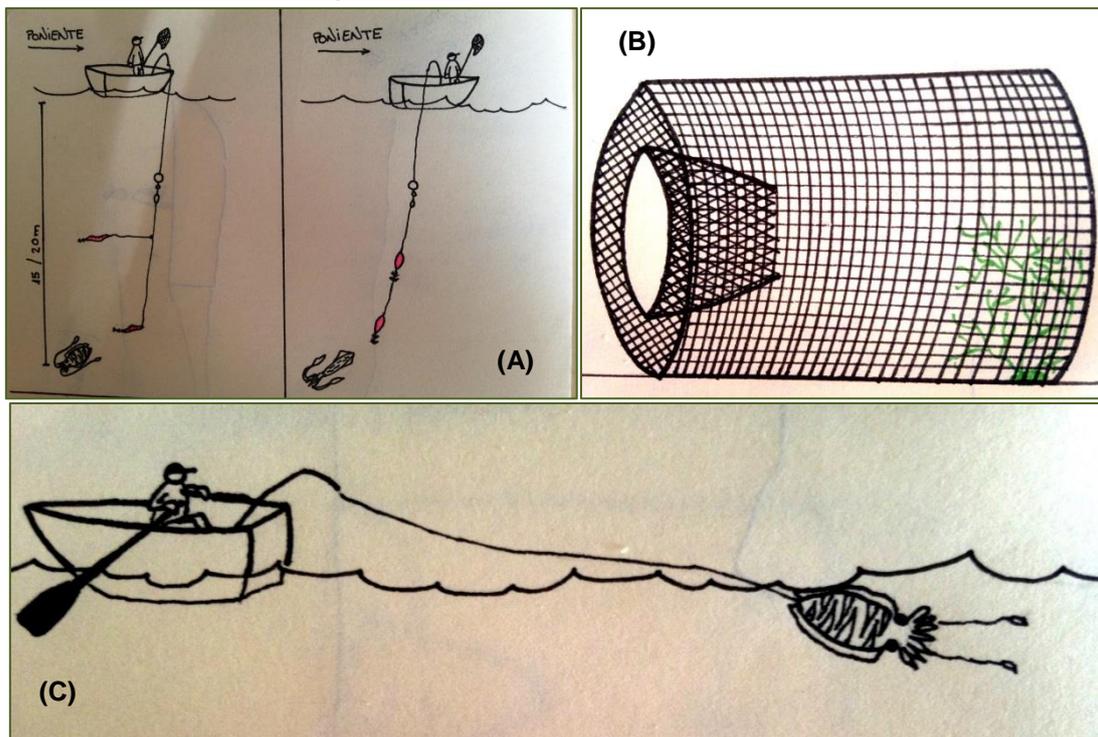


Figura 4. Explicación ilustrada de las tres técnicas de pesca recreativa de las sepia (*S. officinalis*). A. Pesca con sedal; B. Fondeo de nasas; C. Utilizando una hembra como cebo.



Figura 5. Ejemplo de diferentes sedales utilizados para la pesca recreativa de la *S. officinalis*. Fuente: Lluís Nieto y Vicent Prats.

Los cefalópodos juegan un papel muy importante en la mayoría de ecosistemas marinos del planeta, como presas, depredadores y vectores de parásitos. Aunque anatómicamente y fisiológicamente sean moluscos, funcionalmente actúan como peces (Guerra *et al.*, 2013).

La clase *Cephalopoda* es una de las ocho clases que componen el filo *Mollusca*. En la actualidad hay registradas alrededor de 650 especies diferentes de cefalópodos, clasificados en 45 familias y aproximadamente 150 géneros. Todos los cefalópodos actuales, así como aquellos de los que se ha podido tener constancia a partir de restos fósiles, son marinos (Guerra, 1992). Considerando la complejidad de su estructura y comportamiento, se puede afirmar que los cefalópodos son los invertebrados más evolucionados (Guerra, 1987).

La distribución geográfica de los cefalópodos abarca todos los océanos y la mayor parte de los mares del planeta, desde la superficie hasta profundidades superiores a 7000 metros, lo cual ha resultado difícil de poder documentar. Las especies que se estudian en este trabajo se distribuyen en profundidades entre la superficie y un máximo de 550 metros en el caso del *L. vulgaris*. Viven en aguas neríticas, en fondos de lodo y arena (Almonacid Rioseco, 2006). Según datos registrados y haciendo una aproximación a la región de estudio, se puede afirmar que se encuentran distribuidos por todo el mar Mediterráneo y saliendo de éste también se encuentra rodeando el resto de península y archipiélago canario. También es muy abundante la *S. officinalis* en el Atlántico noroccidental desde el Báltico hasta aproximadamente 17°N. Puede encontrarse desde la zona litoral hasta los 200 m de profundidad (Guerra, 1992). El género *Loligo* en el Mediterráneo está muy expandido, se pueden encontrar fácilmente en cualquier parte de la región mediterránea, muy común en la Península Ibérica. En el mar Atlántico oriental desde 55°N hasta los 20°S (Guerra, 1992). En la Figura 6 se ha representado la distribución geográfica descrita de las especies de interés en este estudio, las referencias para esta representación se han consultado en (FAO, 2016).

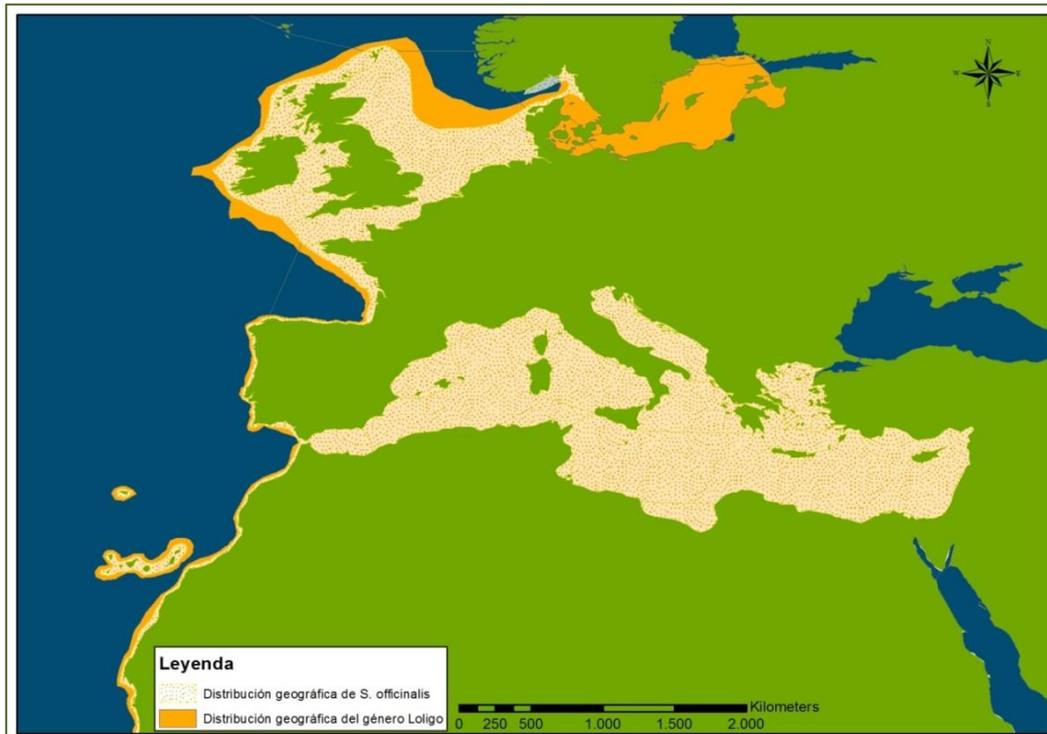


Figura 6. Distribución geográfica de la especie *S. officinalis* y del género *Loligo*. Fuente cartográfica: (Natural Earth, 2016)

La salinidad y la temperatura son dos factores muy determinantes en la distribución de los cefalópodos, aunque cabe destacar, que en algunas regiones del mundo, la *S. officinalis* se ha adaptado a salinidades tanto superiores como inferiores a los límites establecidos (la mayoría se distribuyen en regiones donde la salinidad se encuentra comprendida entre un 27 y un 37‰ (Guerra, 1992)). La salinidad media registrada en el Mediterráneo es de entre un 37 y 38‰, valores que se pueden considerar elevados y a los cuales las especies de cefalópodos que habitan en estas regiones se han adaptado.

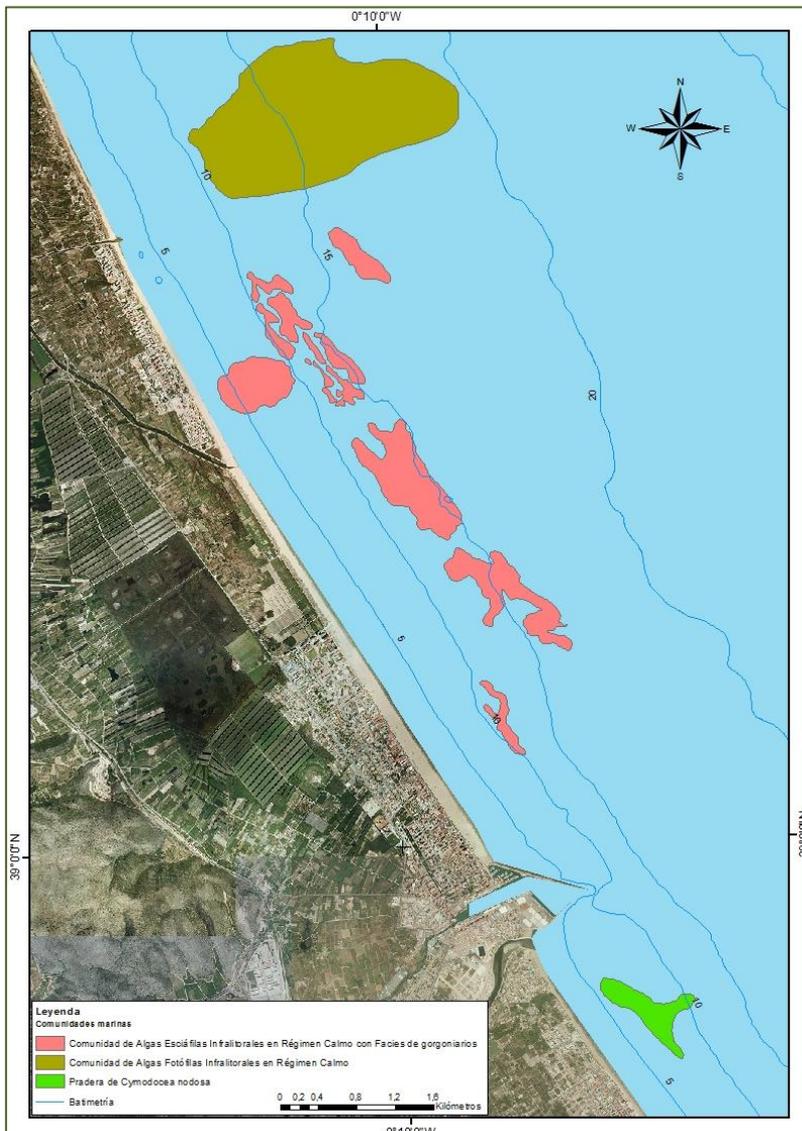
Los cefalópodos son los moluscos con mayor capacidad de movimiento. El sistema de locomoción fundamental es la propulsión a chorro, estos animales se desplazan lanzando un chorro de agua desde su cavidad paleal a través del sifón, acción que les proyecta en sentido contrario a la corriente. El sifón es un embudo cónico (estrecho por la parte anterior y ancho por la parte posterior), se encuentra justo detrás de la cabeza de los cefalópodos en paralelo al eje longitudinal del cuerpo. Puesto que está dotado de una gran flexibilidad, pueden dirigirse con facilidad hacia cualquier dirección. El manto es la característica que les garantiza el desplazamiento y la respiración, por irrigación de las branquias. El proceso locomotor es cíclico y consta de dos fases: la inhalación de agua a través de la abertura del manto, fase en la que el sifón permanece cerrado y la expulsión del agua a través del sifón y con la cavidad paleal cerrada. Las aletas ondulan con suavidad cuando el animal flota prácticamente inmóvil proporcionando éstas la fuerza propulsora, mientras que cuando se quiere desplazar con rapidez, mantiene las aletas pegadas al cuerpo para conseguir una forma lo más hidrodinámica posible y se direcciona con la única ayuda del sifón. La velocidad de natación es directamente proporcional al desarrollo muscular de cada ejemplar (Guerra, 1992).

Los ojos son los órganos de los sentidos más perfeccionados de la clase *Cephalopoda*. La estructura ocular es muy similar a la de los vertebrados aunque su origen embrionario sea totalmente diferente. Los ojos son capaces de formar una buena imagen, no distinguen colores pero pueden detectar el plano de luz polarizada reflejada gracias al elevado número de células fotosensibles que se encuentran en la retina. La visión de la mayoría de los cefalópodos es monocular, no obstante, durante la captura de presas y la puesta, la mayoría de los sepioideos dispone de visión binocular. El campo visual se aproxima a los 360° en las especies que presentan los ojos más desarrollados (Guerra, 1992).

Los cefalópodos tienen un comportamiento sexual bastante complejo, facilitado por el centralizado y muy desarrollado sistema nervioso. La reproducción es siempre sexual, todos presentan sexos separados (dioicos). La mayoría tienen dimorfismo sexual, que se muestra en cambios de tamaño, siendo por lo general las hembras mayores que los machos o en presencia de brazos hectocotílicos en el caso de los machos. Los huevos son de tipo telolecíticos, los cuales se caracterizan por una segmentación parcial formándose así un disco embrionario (Guerra, 1987).

Los tres tipos de cefalópodos más abundantes en las costas mediterráneas son la sepia (*Sepia officinalis*, Linnaeus 1758), el calamar (*Loligo vulgaris*, Lamarck 1798 y *Loligo forbesi*, Steenstrup 1856) y el pulpo (*Octopus vulgaris*, Cuvier 1797). La diferencia más relevante en este estudio entre estas cuatro especies es la técnica de puesta de huevos. Tanto *S. officinalis* como *Loligo*, realizan puestas dispersas en soportes semirrígidos independientemente de que estén resguardados o no, pudiendo encontrar puestas a metros de distancia entre ellas, pero pertenecientes a la misma

hembra, estas especies depositan sus huevos y seguidamente abandonan la puesta sin prestarle ningún tipo de cuidado ni control. Los lugares en medio natural donde estas especies realizan sus puestas en la región de estudio son praderas de *Posidonia oceanica* o praderas de *Cymodocea nodosa*, comunidades marinas que actualmente se encuentran en un estado importante de degradación. En cambio, las hembras de *O. vulgaris* buscan lugares protegidos y resguardados para poner sus huevos, como podrían ser grietas o huecos entre rocas, tras la puesta permanecen junto a ella durante todo el desarrollo embrionario durante varias semanas, protegiendo los huevos de los depredadores, aireándolos y limpiándolos (Tirado *et al.*, 2003). Estas diferencias son clave en el estudio, las cuatro especies son muy comerciales, pero son las sepias y los calamares los que se ven claramente afectados por la degradación del hábitat y el tipo de arte pesquera empleado. Este cúmulo de factores llevan a centrar el trabajo en estas tres especies: *S. officinalis*, *L. vulgaris* y *L. forbesi*. En la Figura 7 se ha ilustrado la distribución de comunidades marinas (2010) de la zona de estudio, predominan los fondos arenosos, pero se registró una pradera de *Cymodocea nodosa* al sur de Gandía y una comunidad de algas fotófilas infralitorales en régimen calmo (coralígeno).



Para el trabajo se han realizado varios desplazamientos a estos lugares para corroborar que siguen existiendo estas comunidades marinas, el coralígeno no se ha encontrado altamente degradado, aunque justo el día en que se fue a visitar se encontró cubierto de mucílago, y la pradera de *Cymodocea* se encontró notablemente degradada, no se pudo comprobar toda la extensión que aparece en la , pero en la parte que fue inspeccionada había desaparecido, se encontró fondo arenoso (Figura 8).

Figura 7. Distribución de las comunidades marinas en Gandía (2010). Fuente: (ECOCARTOGRAFÍAS, 2010)

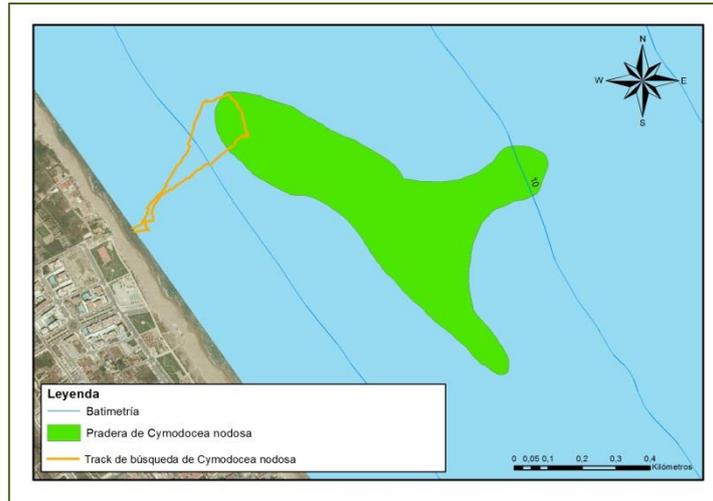


Figura 8. Detalle del track que se siguió para realizar la búsqueda de la pradera de *Cymodocea nodosa*. Fuente: (ECOCARTOGRAFÍAS, 2010)

Una característica común en estos cefalópodos es que los pequeños juveniles al nacer son paralarvas, esto significa que son fisiológicamente idénticos a los ejemplares adultos, pero son planctónicos. Disponen de la capacidad de fijarse a sustratos duros, lo cual resulta muy importante para resistir los fuertes movimientos del agua sin ser llevados por la corriente (Almonacid Rioseco, 2006). Por lo que, en este caso, la falta de sustrato sólido vuelve a suponer un inconveniente para la supervivencia de los juveniles que logran superar el desarrollo embrionario con éxito.

Lo que se propone para el desarrollo de este trabajo es incorporar sustratos artificiales a los fondos arenosos que quedan en el interior de los límites pesqueros de la Cofradía de Pescadores de Gandía, para comprobar si se producen puestas de las especies ya citadas, en qué cantidades y la influencia de las diferencias batimétricas.

Se han realizado ya varios estudios similares a este en diferentes regiones mediterráneas obteniéndose resultados positivos. Según lo descrito por Gouyen & O'Riordan (2001) para el sur de Bretaña (Francia), en un experimento realizado por pescadores artesanales en el que utilizaron las propias nasas como superficies aptas para el desove de *S. officinalis* en periodos de veda, se logró un 95% de éxito en la supervivencia de juveniles. Así mismo, otro experimento en que se utilizaron estructuras con tramas metálicas provistos de trozos de cuerda flotantes mostró resultados igualmente exitosos (Blanc & Daguzan, 1998). Otro de estos proyectos ha sido llevado a cabo por un grupo de científicos italianos, ECOSEA, que están realizando este tipo de acciones en el mar Adriático. Tienen estructuras instaladas tanto en el interior del puerto como en aguas abiertas, estas estructuras son básicamente trampas tipo nasas (EcoSea). En Girona, los pescadores de L'Estartit y de L'Escala participan en el Proyecto Sepia, una iniciativa que comenzó en el Parque Natural de Montgrí y que persigue recuperar las poblaciones de sepia y de calamar. En este caso la metodología es ligeramente diferente, en lugar de utilizar sustratos artificiales hechos con material inerte, los pescadores han preparado un cabo de unos 1000 metros a lo largo del cual han atado ramas de pino, de rusco y de lentisco. Este cabo ha sido calado en el fondo del mar durante todo el verano, tras diversas pruebas se considera en la actualidad un proyecto consolidado ya que se han obtenido buenos resultados (González, 2016). Aunque este último proyecto parece aplicable a la zona de Gandía puesto que la vegetación se puede adquirir con facilidad y las estructuras que se forman presentan unas características que se acercan más a las praderas de

Cymodocea nodosa o pradears de *Posidonia oceanica* que cualquier estructura confeccionada con cabos de diferentes anchuras, se descarta la utilización de material vegetal porque son materiales biodegradables que a largo plazo aportarían materia orgánica innecesaria al medio marino, así como la posibilidad de influir en otras características que puedan afectar a la vida del ecosistema marino mediterráneo. Como último proyecto conocido de similares objetivos y metodologías a este trabajo queda citar el Proyecto Cefaparques, también desarrollado en aguas de la Península Ibérica, en la región gallega en este caso. Este grupo científico además de buscar la atracción de puestas de cefalópodos lleva un estricto estudio de todos los parámetros ambientales variantes del ecosistema. Las estructuras que emplean llevan incorporadas plantas plásticas, imitando a la zosterá en el caso de la sepia y cabos para los calamares. Los resultados son también exitosos (Cefaparques, 2012).

La propuesta llevada a cabo en este trabajo combina las diferentes acciones llevadas a cabo en los proyectos aquí descritos. La Cofradía de Pescadores de Gandía también colabora en el desarrollo del estudio, facilitando información y aquellas acciones que puedan desarrollarse sin necesidad de alterar su actividad diaria y habitual.

1.1. Sepia común (*Sepia officinalis*, Linnaeus 1758)

La *Sepia officinalis* es de la clase de los cefalópodos (clase *Cephalopoda*). De la familia *Sepiidae*, la cual se subdivide en varios géneros, la *S. officinalis* se encuentra dentro del género *Sepia*, género que consta de tres especies de sepia diferentes (Guerra, 1992). Los rasgos comunes de la familia *Sepiidae* son:

- Un manto de contorno ovalado deprimido.
- Aletas laterales, las cuales abarcan prácticamente toda la longitud del manto excepto por la separación en la parte posterior.
- Los ojos están cubiertos por córnea.
- Hectocotilización, la cual consiste en una reducción de las ventosas.
- Tentáculos retráctiles a ambos lados de la cabeza.
- Cartílago de cierre del sifón no es recto.
- La concha interna, el sepión, es plano y generalmente calcificado.
- Algunas especies presentan poro glandular en la parte posterior del cuerpo, entre las aletas.

Particularmente, el género *Sepia*, presenta unas características identificativas a partir de las cuales se puede reconocer sin duda alguna a las tres especies presentes en el Mediterráneo de las 90 que componen este género: el manto es completamente oval y el sepión, a diferencia de otros cefalópodos, está siempre bien calcificado (Guerra, 1992).

Centrando buena parte del estudio, como bien ya se ha mencionado, en la especie *Sepia officinalis* por su gran valor comercial, se detallan a continuación unas características que permiten diferenciarla de las otras dos especies del mismo género (*S. elegans* y *S. orbignyana*).

La *S. officinalis* es con diferencia la especie más grande dentro de su género, puede llegar a alcanzar los 450 mm de longitud dorsal. Consta de ocho brazos y dos tentáculos robustos. De los ocho brazos, el cuarto brazo izquierdo de los machos, conocido como brazo hectocotílico, está modificado en su mitad proximal, la mitad próxima a la cabeza, está compuesto de unas 6 o 7 ventosas basales de tamaño

normal seguidas de entre 5 y 9 filas de ventosas muy pequeñas. A partir de la mitad y en dirección al ápice las ventosas siguen el mismo patrón que las de los otros siete brazos, formando cuatro filas transversales disminuyendo el tamaño de las ventosas tal y como se acercan al extremo del brazo (Guerra, 1992). El brazo hectocotílico se ha desarrollado únicamente en los machos y lo utilizan para la cópula (Tirado *et al.*, 2003).

Los tentáculos son robustos y de una longitud similar a la longitud total del individuo, unas tres veces la longitud del brazo hectocotilo y la longitud de la maza es una quinta parte de la del tentáculo. La maza es también robusta y consta de una quilla natatoria. Las membranas protectoras laterales de la maza no llegan a unirse en la base de la misma. Las ventosas difieren en tamaños, en la zona central hay unas 6 o 7 ventosas de un tamaño considerablemente superior al resto y desde el centro van disminuyendo de tamaño hacia el dactilo (Guerra, 1992).

El sepión es el esqueleto interno de estos cefalópodos que, además de ser un elemento estructural, cumple también con labores fisiológicas ya que sirve para regular la flotabilidad de estos organismos (Guerra, 1992). El sepión de la *S. officinalis* L., al igual que toda su morfología, es robusto y ovalado. A grosso modo, un sepión está compuesto por un cono interno y un cono externo, del cono externo sobresale una prolongación, llamada espina, que en algunas especies sobresale por la zona posterior del manto, aunque este no es el caso de la especie que se está estudiando en esta ocasión. Como explica Guerra (1992), el cono externo carece de aletas bien definidas, y la zona estriada del sepión puede ocupar entre 1/3 y 2/3 de la longitud total del mismo. Las curvas de las estrías están muy definidas desde la base. La superficie dorsal del sepión es rugosa y tuberculada (Guerra, 1992).

El movimiento de desplazamiento lo realizan mediante natación por propulsión a chorro, generan fuerza por contracción del manto, el cual se cierra alrededor de la cabeza y el agua es expulsada desde la cavidad del manto a través de un conducto derivado de una parte del pie, el sifón. La musculatura paleal de las sepias es muy fuerte y los músculos retractores y los aparatos de fijación del sifón con el manto están bien desarrollados, pero el volumen de su cavidad paleal es pequeño y su morfología poco hidrodinámica, por lo que más que la propulsión como sistema de natación utilizan las aletas, las cuales desempeñan un papel impulsor y estabilizador muy importante (Guerra, 1992).

En cuanto a la distribución geográfica de esta especie, según datos registrados, se puede afirmar que se encuentra distribuida por todo el mar Mediterráneo y saliendo de éste también se encuentra rodeando el resto de península y archipiélago canario. También es muy abundante la *S. officinalis* en el Atlántico noroccidental desde el Báltico hasta aproximadamente 17°N. Puede encontrarse desde la zona litoral hasta los 200 m de profundidad (Guerra, 1992).

1.1.1. Etología de la especie

La *Sepia officinalis* es uno de los cefalópodos de los que mejor se ha podido estudiar su comportamiento. No forma bancos (Domingues *et al.*, 2006) y se alimenta de pequeños moluscos, crustáceos e incluso de otros ejemplares de su misma especie. En menor frecuencia puede llegar a consumir peces. Al mismo tiempo forman parte de la alimentación de tiburones, peces óseos y de algunas especies de cetáceos. Como método de caza utilizan sus tentáculos, que pueden articular y lanzar con gran agilidad

y habilidad hacia sus presas, una vez capturada la presa ayudan de los brazos para manipularla y sostenerla para comerla. En la boca tienen dos dientes que forman un pico de loro y una rádula para desgarrar y raspar la presa (Tirado *et al.*, 2003).

Al igual que otros cefalópodos, disponen de un depósito de tinta que utilizan para camuflarse, se mueven por propulsión gracias a unas aletas largas y estrechas que forman un borde ondulado a cada lado del manto. Pueden cambiar de color oscilando entre marrones y blancos. Pasan la mayor parte del tiempo en el fondo y no se caracterizan por grandes desplazamientos, ya que se mueven solamente en busca de comida o en caso de encontrarse con otra sepia, ya sea por lucha territorial o por cópula (Tirado *et al.*, 2003).

El ciclo de vida de *S. officinalis* puede variar entre 18 y 24 meses, dependiendo de las condiciones ambientales, algunos machos pueden llegar incluso a superar los dos años. Las hembras siempre tienen una esperanza de vida más corta, su ciclo de vida se puede considerar más estacional como consecuencia de factores endógenos (hormonales) y exógenos (estímulos ambientales). El temprano alcance de la madurez en los machos y un largo periodo de actividad reproductora, lleva a una elevada tasa de intercambio genético en la población (Tirado *et al.*, 2003).

Se pasa gran parte de su ciclo de vida en grandes profundidades, pero efectúa migraciones hacia la costa para reproducirse en las estaciones de primavera y verano, las aguas son más cálidas y someras. El periodo de puestas es muy amplio, abarca realmente todo el año pero son más frecuentes entre febrero y septiembre (Guerra, 1992). Durante la reproducción e inmediatamente después de la puesta, estos individuos pueden vivir entre fondos rocosos. Para los juveniles es una ventaja tener fácil accesibilidad a estos fondos rocosos ya que impide que sean arrastrados por fuertes corrientes (Tirado *et al.*, 2003). Aunque también tienen facilidad por enterrarse en fondos blandos, técnica que utilizan como camuflaje para ocultarse de posibles depredadores o simplemente para el descanso.

1.1.2. Características generales de la reproducción y puesta

Aparato reproductivo femenino. El aparato reproductivo de las hembras consta de un único ovario, el cual se encuentra en la parte posterior de la masa visceral. De este ovario parte un oviducto que rodea las glándulas anejas y desemboca en el lado izquierdo del animal, ligeramente por detrás del ano. El oviducto, un poco antes de su desembocadura, forma dos masas ovoideas que constituyen la glándula de la albúmina. Las glándulas que se encuentran anejadas al aparato genital son muy voluminosas y están formadas por dos glándulas nidamentarias principales, que son de aspecto laminar y cuyo color varía de cremoso a blanco, y dos glándulas accesorias, de menor tamaño, de color cremoso coral (Tirado *et al.*, 2003). El volumen de las glándulas nidamentarias accesorias, así como su color puede variar según la madurez sexual del individuo (García *et al.*, 2013). En la Figura 9 se pueden diferenciar las diferentes partes descritas.

El peso máximo del ovario en hembras grandes puede llegar a alcanzar los 150 gramos. El peso total del conjunto de órganos reproductivos puede llegar a sumar el 16% del peso corporal de las hembras maduras. La madurez sexual en las hembras de esta especie se alcanza en un intervalo amplio de tallas, se han registrado hembras que alcanzan su madurez sexual des de 11 cm hasta incluso 25 cm. Como resulta lógico, el tamaño del ovario y el número de huevos que puedan llegar a poner varía

según la talla del ejemplar, puede variar desde 150 a 500 óvulos maduros (Tirado *et al.*, 2003).

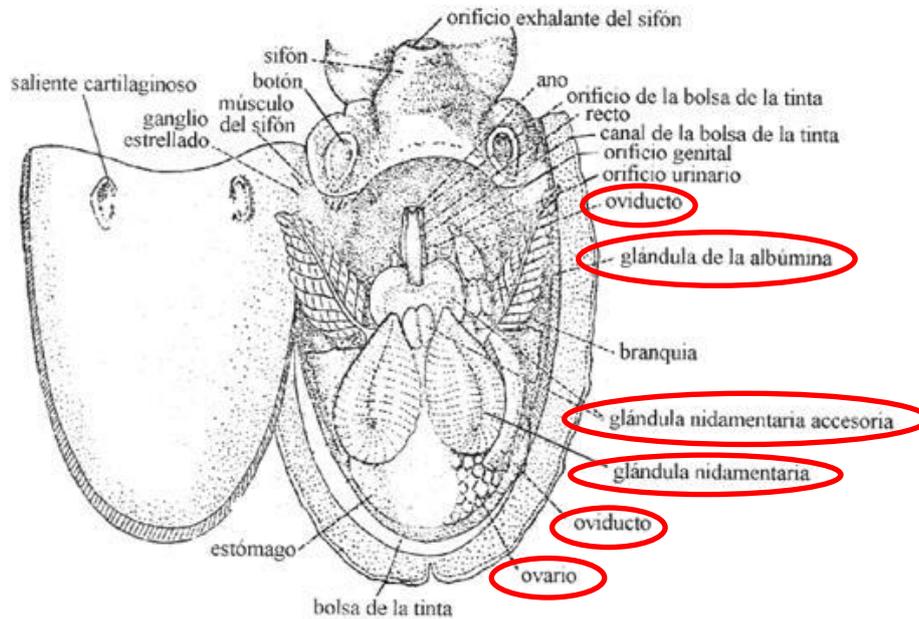


Figura 9. Anatomía interna de una hembra de *Sepia officinalis*. Fuente: (García *et al.*, 2013)

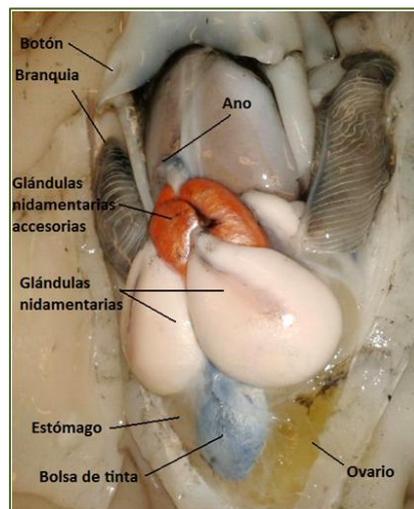


Figura 10. Ejemplar de hembra disecada en el laboratorio. Fuente: (García *et al.*, 2013)

Aparato reproductivo masculino. El aparato reproductivo de los machos está formado por un único testículo, el cual se encuentra bajo la bolsa de tinta. Este testículo, es un órgano blanquecino de contorno piriforme cuyo extremo puntiagudo está dirigido hacia atrás, se prolonga a lo largo de un canal deferente que desemboca en la vesícula seminal. Esta vesícula comprende una porción de paredes gruesas que rodea una zona de paredes más delgadas donde desemboca la glándula mucosa y la próstata. Cuando el esperma formado en el testículo llega a la vesícula seminal es comprimido y revestido por una fina capa de tejido, llegando a formar así los espermatozoides, que son unos tubos finos que contienen el material seminal y que se acumulan en la bolsa de Needham (Tirado *et al.*, 2003). La bolsa de Needham es un saco amplio que desemboca por una hendidura estrecha de papila genital (García *et al.*, 2013). En la Figura 11 se pueden diferenciar las diferentes partes descritas.

El peso total de los órganos reproductores masculinos nunca llega a superar el 5% del total del peso corporal del animal. No se ha determinado una talla concreta en la que las sepias alcancen su madurez sexual, se pueden encontrar machos totalmente maduros con una longitud del manto de 6-8 cm, del mismo modo que hay machos con más de 10 cm de longitud dorsal del manto y que permanecen aún inmaduros (Tirado *et al.*, 2003). Los machos alcanzan la madurez antes que las hembras y su actividad reproductora es aparentemente más prolongada.

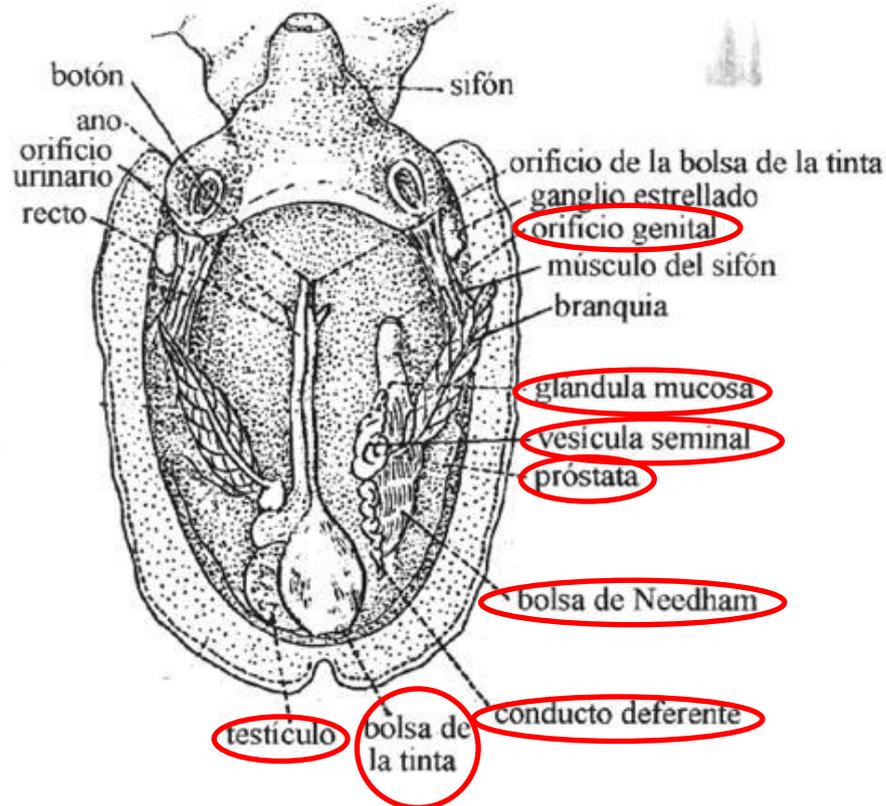


Figura 11. Anatomía interna de un macho de *Sepia officinalis*. Fuente: (García *et al.*, 2013)

Las diferentes tallas a las que pueden alcanzar la madurez sexual los ejemplares de esta especie vienen condicionadas por factores ambientales como la temperatura y la luz. En verano, en aguas someras, el crecimiento, y por lo general todos los procesos biológicos, se acelera con las temperaturas elevadas, mientras que al mismo tiempo la maduración de los huevos se ve frenada por la alta intensidad lumínica y el prolongado tiempo de exposición al que se enfrentan. Por el contrario, en aguas profundas en estación invernal, las bajas temperaturas retardan el crecimiento, mientras que la maduración de la gónada es favorecida por el efecto decelerador que le provoca la baja intensidad de luz. Lo que se pueda prolongar el tiempo de condiciones óptimas de crecimiento (estío) es determinante para saber si un ejemplar alcanzará su madurez sexual durante su primer invierno (Tirado *et al.*, 2003).

A partir del estudio de Hanlon (1999), se empezó a tener documentación detallada y fiable sobre el tipo y método de reproducción y apareamiento de *S. officinalis*. Tras una exhaustiva observación, Hanlon (1999) y su equipo pudieron observar cómo se aparean esta especie de cefalópodos, el acto de cópula dura entre 7 y 14 minutos, con una media de 10 minutos en que el macho agarra a la hembra por la cara sosteniéndola con los brazos dorsales lateralmente enlazados, y se mantienen durante ese tiempo

en esa posición, “head-to-head”. Durante los primeros 6 minutos (aproximadamente el 63% de la duración total de la cópula), el macho lanza fuertes chorros de agua directos a la membrana bucal de la hembra, con la finalidad de limpiar restos de espermatangias que pudieran quedar de alguna cópula anterior, esta acción sólo es efectiva cuando la cópula es reciente, no se han observado espermatangias en el medio cuando una nueva cópula tiene lugar 1 o 2 días después. A continuación, en un movimiento discreto y corto (aproximadamente 14 segundos) el macho, con su brazo modificado – el hectocotílico – se lo introduce en su propia cavidad del manto para recoger los espermátóforos que salen de la bolsa de Needham través del pene y seguidamente deposita sus espermátóforos (de unos 150 a 300) en el receptáculo seminal de la hembra. Durante los aproximadamente 3 minutos restantes, el macho utiliza el brazo hectocotílico para romper los espermátóforos y así liberar las espermatangias que serán ancladas a lo largo de la membrana bucal ventral, cerca de los receptáculos seminales. Aproximadamente 140 espermatangias son ancladas en filas (de 3 a 5 filas) alrededor de la membrana bucal ventral, el sobrante es desechado durante la duración de la cópula. Una vez terminado este proceso, el macho aguarda un corto periodo de tiempo protegiendo su esperma de otro macho que quisiera copular con la misma hembra. El tiempo que pueda transcurrir entre la cópula y la fecundación de los óvulos y posterior puesta es muy variable, se ha llegado registrado hasta 5 meses entre la copulación y la puesta. (Hanlon *et al.*, 1999).

El modelo reproductivo que lleva a cabo *Sepia officinalis* L. se denomina puesta terminal intermitente. Este tipo de puesta se caracteriza porque la maduración de los óvulos en el ovario se produce de manera asincrónica. La puesta es monocíclica y se produce en intervalos regulares de 2-3 minutos durante varias horas, días o incluso pudiendo llegar a meses hasta vaciar el ovario de óvulos maduros por completo (Tirado *et al.*, 2003). La fecundidad varía normalmente entre 150 y 1000 huevos por hembra (Guerra, 1992). Los huevos son anclados por el extremo de los brazos al sustrato, a partes blandas de plantas, a animales sésiles o a estructuras inertes. Estas puestas tienen un aspecto fácilmente diferenciable de puestas de otras especies (Figura 12) lo que les lleva a ser conocidas como uvas o racimos de mar (Tirado *et al.*, 2003).

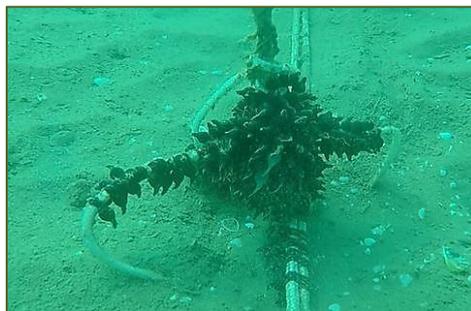


Figura 12. Detalle de la puesta de *Sepia officinalis*.

Las migraciones hacia la costa en las estaciones cálidas no se producen todas a la vez. Los machos maduros y las grandes hembras maduras son las primeras en migrar, produciéndose así las primeras migraciones en primavera, las hembras tienen alrededor de 18 meses de edad. Ya más cerca del verano, con el paulatino aumento de temperaturas realizan las migraciones las hembras maduras de menor talla, haciendo sus puestas antes de finales de verano. Este segundo grupo de hembras tendrían entre 14 y 16 meses de edad, siendo los ejemplares que salieron de las

primeras puestas del año anterior. Aparentemente se crea un ciclo de generaciones alternativas de corta y larga duración, refiriéndonos con este ciclo a las hembras (Tirado *et al.*, 2003).

La duración del periodo embrionario es muy dependiente de las condiciones de temperatura, puede oscilar de 40-45 días a 20°C hasta 80-90 días a 15°C. De cada huevo sale una paralarva, morfológicamente idéntica a un ejemplar a dulto pero cuya longitud dorsal oscila entre 6 y 9 mm, dependiendo de la talla del huevo (Tirado *et al.*, 2003). Así como los adultos son animales demersales, las paralarvas siguen un comportamiento pelágico hasta alcanzar la madurez.

1.2. Calamar europeo (*Loligo vulgaris* Lamarck, 1798) y calamar veteado (*Loligo forbesi* Steenstrup, 1856)

La otra especie objeto de estudio es el *Loligo*, tanto si se trata de *Loligo vulgaris* como *Loligo forbesi*, ya que ambas especies pertenecientes al mismo género (*Loligo* Lamarck, 1798) son igual de frecuentes en la zona de estudio. También pertenecen a la clase *Cephalopoda* y son de la familia de los *Loliginidae* Orbigny, 1848. El género (*Loligo*) está compuesto por 25 especies pero son estas dos las únicas especies presentes en la zona (Guerra, 1992). Los rasgos comunes dentro de este género son:

- Las aletas de los adultos forman una figura romboidal y su longitud no abarca toda la extensión del manto, sino que se extienden un 65-70% de esta medida.
- Dos filas de ventosas diminutas en cada extremo de la membrana bucal.
- Relación anchura/longitud del manto: 1/6.
- La longitud de los brazos es aproximadamente la mitad de la del manto.

La especie *L. vulgaris* puede alcanzar los 550 mm de longitud dorsal del manto en el caso de los machos, mientras que las hembras solamente pueden llegar a los 340 mm. La especie *L. forbesi* es considerablemente más grande que *L. vulgaris*, en los machos el manto puede llegar a medir 970 mm y en las hembras 450 mm.

Las manos de las mazas tentaculares son diferentes en cada una de las dos especies, la de *L. vulgaris* es muy similar a la de *S. officinalis*, tiene cuatro filas transversales de ventosas, siendo 6 de cada fila central 3 o 4 veces mayores que las marginales, mientras que en el caso de *L. forbesi*, aun estando las ventosas igualmente distribuidas en 4 filas, solamente son las dos filas centrales ligeramente mayores que las ventosas marginales. Ambas especies, en el caso de los machos, tienen el brazo ventral izquierdo como brazo hectocotílico, y la región modificada ocupa el tercio distal. La distribución geográfica de este género en el Mediterráneo está muy expandida, estas dos especies se pueden encontrar fácilmente en cualquier parte de la región mediterránea, muy común en la Península Ibérica. En el mar Atlántico oriental desde 55°N hasta los 20°S (Guerra, 1992).

1.2.1. Etología del género

El género *Loligo* es nectobentónico, se puede encontrar sobre todo tipo de fondo aunque muestra preferencia por sustratos arenosos. Aunque se puede encontrar en un amplio rango de profundidades, es especialmente abundante por encima de los 100 m. La forma de torpedo del cuerpo le permite nadar de manera muy eficaz. Las

migraciones de este género pueden ser de dos tipos: diarias y verticales o estacionales y horizontales. El primer tipo de migración hace que los individuos permanezcan cerca del fondo durante el día y se dispersen por la columna de agua por la noche, son de hábitos nocturnos y es en esta parte del día cuando buscan alimento. El segundo tipo de migración se refiere a las migraciones motivadas por la reproducción, se encuentran en aguas más próximas a la costa donde el fondo presenta unas características más irregulares y rocosas en las estaciones de primavera y verano, pues las puestas se dan entre marzo y julio. Estas migraciones horizontales las suelen hacer formando grandes bancos. Tienen hábitos gregarios, por lo que a diferencia de *S. officinalis* forma grupos de individuos más o menos densos. Presentan gran capacidad para mimetizarse con el fondo, variando su color como una reacción a diversos estímulos. Son predadores activos durante todo su ciclo vital, su alimentación consiste en pequeños peces pelágicos, poliquetos, crustáceos e incluso otros cefalópodos (Guerra, 1992). Las paralarvas de este género son planctónicas y los adultos son buenos nadadores. Los machos maduran a unos 150 mm de talla y las hembras a unos 170 mm (11 y 12-13 meses de edad respectivamente).

1.2.2. Características generales de la reproducción y puesta

Los aparatos reproductivos, tanto femeninos como masculinos, no se diferencian prácticamente de los descritos en el apartado de *S. officinalis*.

El aparato genital de las hembras Figura 13A se compone básicamente de cinco partes: el ovario, el oviducto, dos glándulas nidamentarias, dos glándulas nidamentarias accesorias y el receptáculo seminal.

El aparato genital masculino Figura 13C se compone también de cinco partes principales: el testículo, el conducto deferente, el complejo espermatofórico, el conducto eferente y el saco espermatofórico o bolsa de Needham, del cual sale una prolongación, el pene (Guerra, 1987).

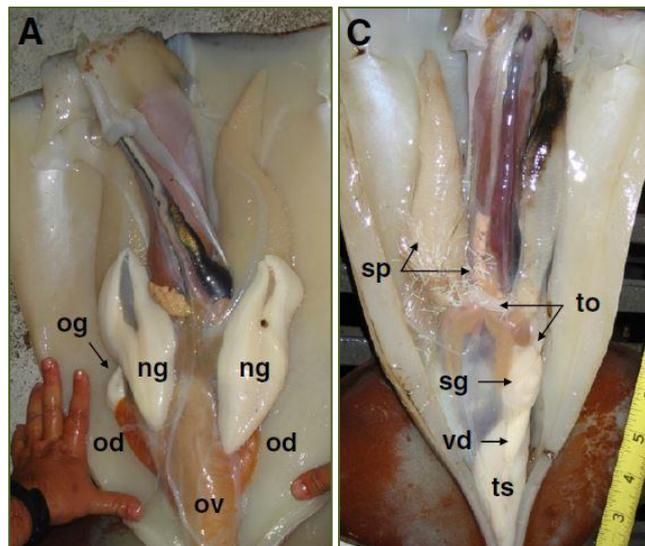


Figura 13. Anatomía interna de los aparatos reproductores de los calamares. Disección de un ejemplar de calamar hembra en el laboratorio (A). Disección de un ejemplar de calamar macho en el laboratorio (C). Abreviaturas: A. og=oviducto; ov=ovario; ng=glándulas nidamentarias; od=glándulas nidamentarias accesorias. C. sp=saco espermatofórico o bolsa de Needham; to=conducto eferente; sg=complejo espermatofórico; vd=conducto deferente; ts=testículo. Fuente: (Villanueva *et al.*, 2012)

La cópula suele tener lugar al amanecer. Los estímulos que parecen iniciar la cópula son de naturaleza visual, sirviendo para ello una puesta o la presencia de hembras o machos maduros. El cortejo nupcial se ha podido seguir más de cerca en el género *Loligo*. Se ha observado que los calamares forman pequeños cardúmenes que nadan en sincronía junto a otros, sin que se pueda apreciar ninguna señal de interés entre ellos. Cuando aparece una puesta todos los animales del grupo se orientan inmediatamente hacia ella. Los machos se excitan y nadan hacia la masa de huevos, lanzándole chorros de agua y nadando con los brazos unidos con forma de cono. Al llegar a ella introducen sus brazos entre las digitaciones que recorren con la punta de los mismos para retirarlos después. Las hembras siguen un ritual similar pero más lento. Tras la inspección de la masa de huevos, cada macho se muestra visiblemente excitado y trata de aislar a una de las hembras del grupo colocándose entre la hembra y su competente rival. La respuesta de las hembras es generalmente pasiva, permitiendo que se les separe del grupo. La selección de hembra se intuye que viene determinada por la presencia de hormonas, pero no se ha podido demostrar. Cuando una pareja se ha estabilizado, el macho defiende a su compañera del cortejo amenazante de otros machos, por lo general se bastan con gestos de intimidación, pero en ocasiones se generan fuertes luchas entre los rivales, mientras la hembra permanece pasiva. Durante la lucha son curiosos los cambios de coloración de la piel de los machos, producido por los cromatóforos (Guerra, 1987). Una vez no existen amenazas aparentes para la pareja, el resto de cópula se desarrolla del mismo modo que se ha descrito el apareamiento del otro cefalópodo de interés, *Sepia officinalis*.

No se han podido todavía explicar con certeza los motivos, pero una vez ha terminado la reproducción se observa una rápida degeneración de los tejidos epiteliales del manto y los brazos de estos animales, apareciendo zonas necróticas blanquecinas, lesiones en la piel y un adelgazamiento de sus paredes. Los movimientos degeneran y son descoordinados, y la córnea se vuelve opaca, empiezan a desprenderse ventosas de los brazos y los animales acaban muriendo a los pocos días de la puesta.

Los calamares del género *Loligo*, o calamares costeros, desovan masas de huevos con forma de racimos digitiformes (Figura 14) de 10 a 15 cm de longitud que son depositados sobre estructuras rígidas del fondo y abandonados a su suerte (Fernández-Álvarez *et al.*, 2015).



Figura 14. Detalle de una puesta de *Loligo*.

Cada cápsula digitiforme contiene un promedio de 90 huevos. El tamaño de cada huevo es de 2,2 por 1,6 mm. La duración del desarrollo embrionario depende de la

temperatura del agua. La eclosión se produce 40-45 días después de la puesta a 15°C y 68-75 días después de ésta a 12,5°C en caso del *Loligo forbesi*. En cambio, en el caso de *L. vulgaris* el periodo embrionario dura entre 40-45 días a 12-14°C, 30 días a 17°C y 25 días a 22°C. Las paralarvas miden al nacer entre 2 y 3 mm de longitud dorsal del manto en *Loligo vulgaris*, mientras que las paralarvas de *Loligo forbesi* son de mayor tamaño, entre 3,2 y 4,9 mm. La fecundidad depende del tamaño de las hembras y puede variar entre 3500 y 6000 huevos por animal (Guerra, 1992).

El proceso de puesta de este género no se ha encontrado documentado, pero por la distribución y cantidad de cápsulas digitiformes encontradas a lo largo del estudio, se puede intuir que las puestas se realizan de una forma similar a la descrita en *S. officinalis*.

2. Objetivos

En este estudio se quiere determinar la efectividad de sustratos artificiales para un aumento de puestas de tres especies de cefalópodos: *S. officinalis*, *L. vulgaris* y *L. forbesi*.

El objetivo principal es el análisis de la efectividad de la inclusión de sustratos artificiales en fondos someros y arenosos, dando apoyo y soporte, a tres especies en concreto de cefalópodos: *Sepia officinalis* Linnaeus 1758, *Loligo vulgaris* Lamarck, 1798 y *Loligo forbesi* Steenstrup, 1856, pero que puede resultar funcional también para varias especies que habitan en la zona de estudio.

Como objetivos secundarios se han fijado aquellos que se podrán lograr de forma indirecta con la ejecución el estudio:

- a) Determinar si son influyentes las diferencias batimétricas para las puestas de sepia y calamar, en tal caso, valorar y cuantificar la influencia de estas diferencias.
- b) Determinar qué tipo de sustratos artificiales resultan más atractivos para las puestas de estas especies, lo influyente que es la morfología, la geometría o el grosor del soporte. Valorar y cuantificar la influencia de estas diferencias.
- c) Valorar el estado de conservación en que se encuentran las comunidades marinas existentes en la zona de estudio.

3. Materiales y métodos

Este estudio se divide en dos fases independientes. La primera consiste en fondear una serie de sustratos artificiales a diferentes profundidades con la finalidad de que estos cefalópodos puedan depositar en estos sustratos sus huevos, como mínimo, durante todo el periodo de estudio. En los fondos de arena, muchos huevos se pierden si no disponen de un soporte sólido, con estos sustratos artificiales se aportan lugares de puesta añadidos a los soportes naturales que, desgraciadamente se han ido degradando en los últimos años. La segunda fase consiste en que los pescadores, cuando recogen sus redes, en ocasiones encuentran huevos que se han podido enganchar a ellas accidentalmente, estos huevos son depositados en una estructura específicamente diseñada para este fin y aquí, llevándose un control diario, los huevos siguen su ciclo hasta que finalmente eclosionan y los juveniles de sepia y calamar pueden incorporarse a la población y volver a mar abierto de nuevo.

De esta manera se pretende cumplir un doble objetivo, por un lado, un objetivo ligado a la conservación de diferentes especies marinas, ya que la inclusión de estos sustratos no solamente sirve como lugares de puesta de sepia y calamar, sino que se ha podido ver que también es idóneo para puestas de algunos gasterópodos, así como hábitat de *Hippocampus*, *Phalium granulatum* y *Octopus vulgaris*. El segundo objetivo que se persigue es llegar a mantener una gestión sostenible de unos recursos pesqueros como son la *S. officinalis* y el *Loligo* (*L. vulgaris* y *L. forbesi*) ya que cuentan con un alto valor comercial y constituyen uno de los recursos pesqueros más explotados en la actualidad.

3.1. Gestión de huevos eliminados de las artes de pesca

Esta fase del estudio trata de sumergir en el puerto, en un lugar que no altere la actividad diaria y habitual pero que sea fácilmente accesible para los pescadores, una o varias jaulas en las que depositar los huevos que aparezcan enredados en las redes de los pescadores tras su actividad diaria. Estas jaulas han sido diseñadas expresamente para este trabajo, por lo que en su diseño incluyen ciertos detalles para que puedan cumplir su objetivo sin inconvenientes.

Las jaulas constan de una estructura rígida hecha a partir de malla metálica, cuya cuadrícula se forma a partir de huecos de 1x1 cm, y que se ha moldeado para formar una estructura cilíndrica. Este cilindro se ha forrado por la parte interior con una malla de plástico, cuya cuadrícula es más estrecha. La malla metálica proporciona consistencia y rigidez a la estructura, mientras que la malla de plástico, con su cuadrícula más pequeña, evita que se escurran los huevos una vez sean depositados. En el lado inferior se cose una tapadera del mismo material de malla de plástico, así queda asegurado el que no se caigan los huevos por la parte inferior. En la parte superior no se incluye ninguna tapadera (aunque sí que se hizo en un diseño inicial (Figura 16A)), sino que se cose un tubo de red de una longitud de 1,50 metros, distancia que hay desde la parte superior del muelle al agua, con una anilla de plástico rígido (Figura 17B) en el extremo superior para que los pescadores puedan depositar las capturas con más facilidad y sin necesidad de sacar del agua la jaula. En la parte superior de la estructura se realizan unos agujeros ligeramente más grandes (Figura 16B) que los que tiene la malla de plástico para que de esta forma los juveniles puedan salir de la jaula una vez hayan eclosionado los huevos. En la Figura 15, Figura 16 y Figura 17 se puede observar el detalle de cómo se diseñaron estas estructuras y cómo fue el resultado.

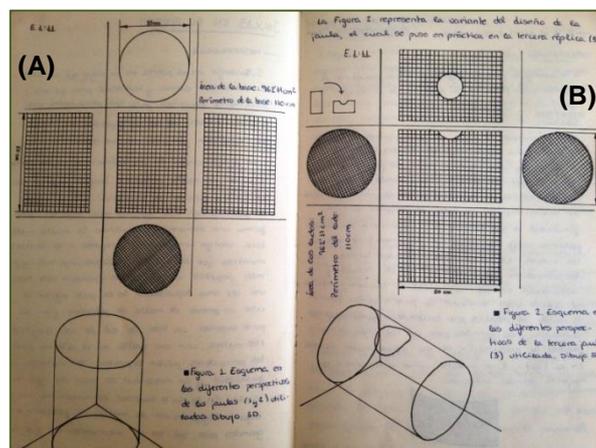


Figura 15. Esquema de los dos tipos de estructuras diseñadas para esta fase del estudio. Jaulas 1 y 2 (A); Jaula 3 (B)

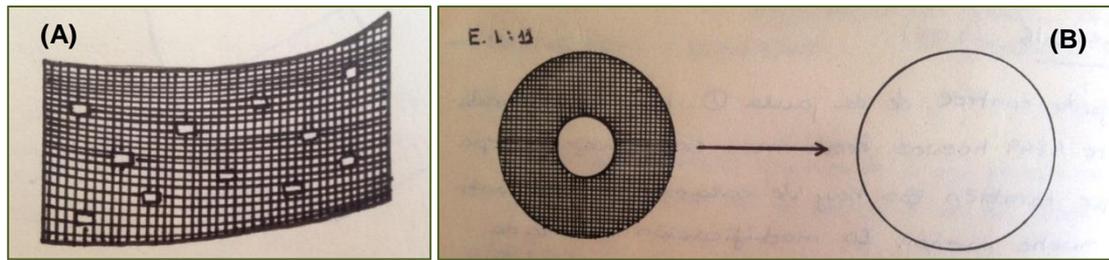


Figura 16. Detalle de la parte superior de las jaulas, orificios de mayor tamaño como vía de escape para los juveniles (A). Diseño inicial de la tapadera y diseño final (B).



Figura 17. Resultado de una de las jaulas (Jaula 2) terminada e instalada (A) y detalle de la boca de entrada de los huevos (B).

Como se puede observar, estas jaulas son estructuras tipo nasas, pero con una apertura superior grande y con diversas aperturas de diferente tamaño para el fácil escape de las paralarvas.

La primera jaula (Jaula 1) fue instalada el viernes 11 de marzo de 2016. Desde ese día se ha llevado un control periódico del aumento de número de huevos. Gracias a este control regular se pudieron hacer las modificaciones necesarias de las estructuras según se fue viendo la necesidad.

La segunda jaula (Jaula 2) fue instalada un mes más tarde, el martes 12 de abril de 2016. El mismo día que se instaló esta segunda estructura, fue sellada la primera. La decisión de sellar una jaula viene determinada por el volumen de huevos que se ha conseguido en ella.

La tercera jaula (Jaula 3) fue instalada poco después, visto el acelerado aumento de huevos en la Jaula 2. La Jaula 3 se instaló el viernes 29 de abril de 2016. Este mismo día se procedió a sellar la Jaula 2.

Para controlar la cantidad de huevos y cómo fueron aumentando se hizo un cálculo aproximado de la densidad de los huevos de sepia y calamar (en combinación) y a partir de este dato, junto con el cálculo del volumen que ocupaba la masa de huevos se realizaba un cálculo aproximado. En este caso no era posible saber el número exacto, pero sí llegar a una aproximación para poder cuantificarlo y valorar el aumento de capturas. En la Tabla 1 vienen reflejados los datos empleados para el cálculo aproximado de la cantidad de huevos.

Tabla 1. Datos necesarios para el cálculo aproximado de huevos hallados en las estructuras

Medida	Valor
Densidad de los huevos	1,26 huevos/cm ³
Perímetro de la base de las estructuras	110 cm
Diámetro de la base de las estructuras	35 cm
Área de la base de las estructuras	962,11 cm ²

Finalmente, la última jaula (Jaula 3), una vez se da por terminado el periodo en que los pescadores pueden recoger huevos con las artes pesqueras artesanales, se retira y se fondea en uno de los puntos (T2–N11,1) donde se han ubicado los sustratos artificiales para que así puedan eclosionar los pocos huevos restantes y orientarse en un medio más natural las paralarvas.

Sistema de análisis de datos. Con los datos periódicamente obtenidos con este método se fue creando una tabla donde se diferencié entre las tres jaulas para poder hacer un análisis independiente de cada una. También se organizó de forma en que se pudiera apreciar la velocidad de aumento de huevos por cada periodo de control. En la Tabla 2 se muestra la duración de los periodos de duraciones irregulares y el tiempo total que estuvo en funcionamiento cada una de las jaulas. En el gráfico (Figura 23) representativo de la tabla donde se han recopilado los datos se distingue el aumento periódico de la cantidad de huevos de cada jaula por separado. Lo cual permite observar si en un periodo de tiempo se obtienen más o menos huevos.

Tabla 2. Información del periodo de estudio. Duración de cada periodo y de la estancia de cada jaula.

Nº de revisión	Fecha inicio	Fecha final	Duración del periodo (días)	Jaula nº	Tiempo total (días)
1	11/03/2016	21/03/2016	10	Jaula 1	32
2	22/03/2016	29/03/2016	8		
3	30/03/2016	31/03/2016	2		
4	01/04/2016	06/04/2016	6		
5	07/04/2016	07/04/2016	1		
6	08/04/2016	12/04/2016	5		
7	13/04/2016	13/04/2016	1		
8	14/04/2016	19/04/2016	6	Jaula 2	17
9	20/04/2016	21/04/2016	2		
10	22/04/2016	29/04/2016	8		
11	30/04/2016	02/05/2016	3	Jaula 3	41
12	03/05/2016	03/05/2016	1		
13	04/05/2016	18/05/2016	15		
14	19/05/2016	25/05/2016	7		
15	26/05/2016	26/06/2016	1		
16	27/05/2016	09/06/2016	14		

3.2. Creación de sustratos artificiales para la cría de huevos

Esta segunda fase consiste en fondear durante la época cálida (primavera-verano) en un total de 6 puntos diferentes variando entre tres profundidades una serie de estructuras. Habrá seis estructuras que se repitan en cada uno de los puntos y, en uno de los puntos (T2 – N11,1m) escogido con un conocimiento del comportamiento de las especies, otras estructuras de diseño variable. En la Tabla 3 se resume la información referente a cada punto experimental y en la Figura 18 están representados los seis

puntos geográficos exactos donde se han fondeado las estructuras. Se han ubicado tres de ellas en la parte norte del espigón y tres más en el sur. De esta manera se espera poder apreciar si existen diferencias significativas entre ambas situaciones.

Tabla 3. Información general de los diferentes transectos.

Nombre del punto	Respecto del espigón	Profundidad (m)	Coordenadas
T1	Norte	7,2	38° 59.896'N 0° 8.768'W
T2	Norte	11,1	38° 59.999'N 0° 8.628'W
T3	Norte	14,6	39° 0.035'N 0° 8.453'W
T4	Sur	7,1	38° 59.435'N 0° 8.629'W
T5	Sur	11,1	38° 59.414'N 0° 8.205'W
T6	Sur	15,3	38° 59.382'N 0° 7.804'W

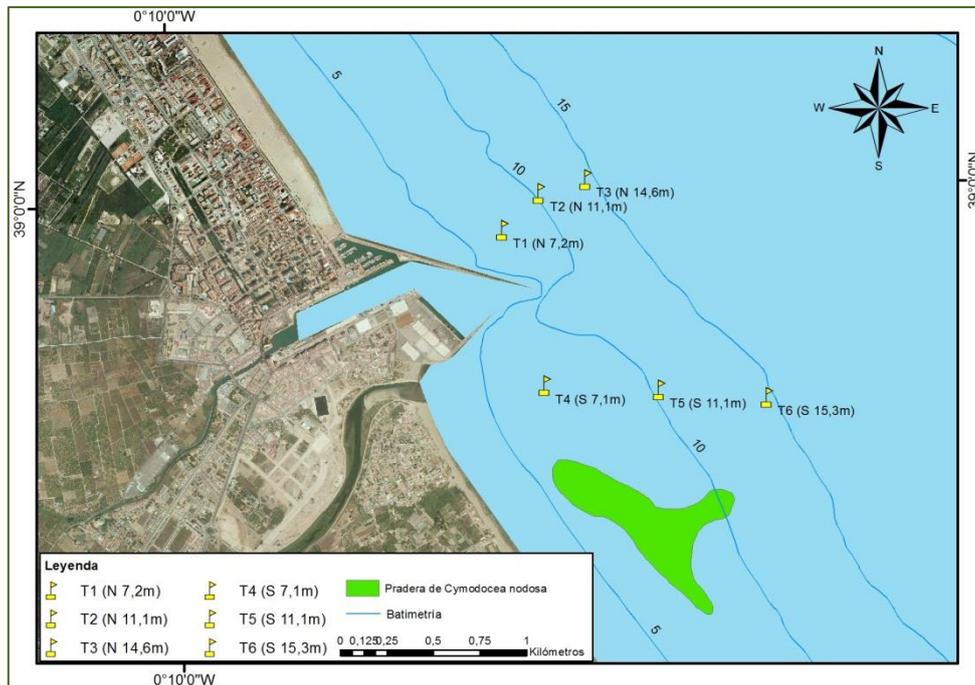


Figura 18. Aproximación del puerto de Gandía. Señalización de los puntos donde se han fondeado los transectos. Cartografía: (Eccartografías: HIDTMA, 2010)

Los seis transectos que se repiten idénticamente en los seis puntos se depositarán sobre el fondo arenoso, no sobre coralígeno o praderas de fanerógamas, ya que se busca añadir lugares de puesta y no tendría sentido superponerlo sobre zonas de puesta ya existentes. La tarea de fondear estos seis transectos ha sido llevada a cabo por la Cofradía de Pescadores de Gandía, en una de sus salidas diarias echaron al mar estos cabos ordenadamente con pesos en ambos extremos y una boya en uno de los extremos de cada transecto para así poder avistarlos con facilidad. En la Figura 19 se muestra un esquema de estos transectos. La Figura 19A ilustra el diseño inicial de los transectos, el cual fue variado tras el primer control, la variante se puede observar en la Figura 19B. Estos transectos consisten en un cabo base de aproximadamente 12 metros del cual se prolongan en vertical 10 cabos flotantes de medio metro aproximadamente cada uno (excepto en el transecto T2, que en lugar de 10 cabos flotantes verticales hay 11), con un flotador que permite que se mantenga vertical. La modificación que se tuvo que realizar fue añadir alternadamente bridas y cuerdas, dos

materiales distintos, de rigidez y morfología diferentes. Con estas modificaciones se busca atraer más las puestas de *S. officinalis*.

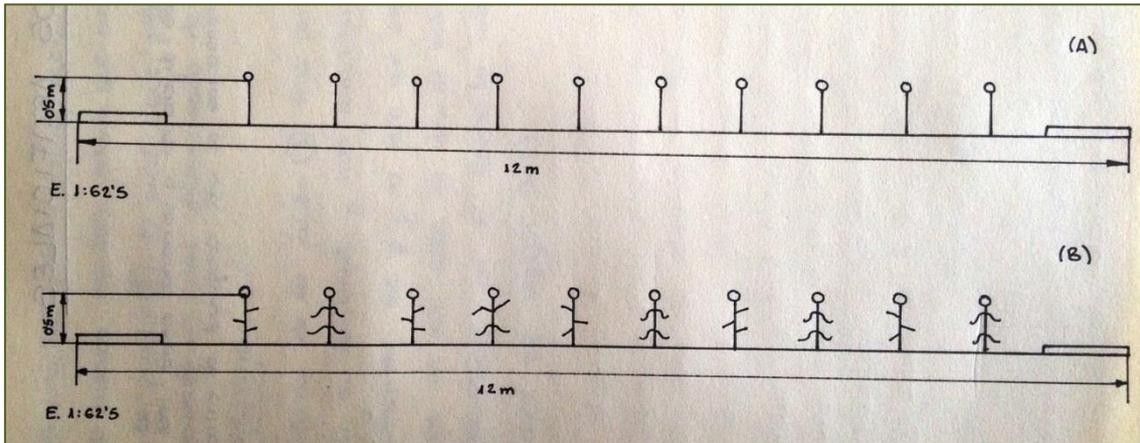


Figura 19. Diseño de los transectos con cabos flotantes. Estructura inicial (A). Estructura modificada tras la observación de su funcionalidad (B).

Además de seis réplicas de estas estructuras, en el punto intermedio de la parte norte del espigón (N11,1) se fondearon dos estructuras rectangulares cuyo esqueleto fue construido con una malla metálica cuya cuadrícula es de 1x1 cm (la misma malla metálica utilizada para las jaulas de la primera fase del estudio). Estas estructuras son alargadas y rectangulares (altura 30cm; anchura 40 cm y profundidad 100 cm) (Figura 20 y Figura 21). A través del interior se ha hecho atravesar un cabo, en cada una de las estructuras siguiendo una línea diferente para poder realizar comparaciones tras la observación. Además, de la parte superior sobresalen cabos verticales de dos grosores distintos, con flotadores en los extremos del mismo modo que en las otras estructuras.

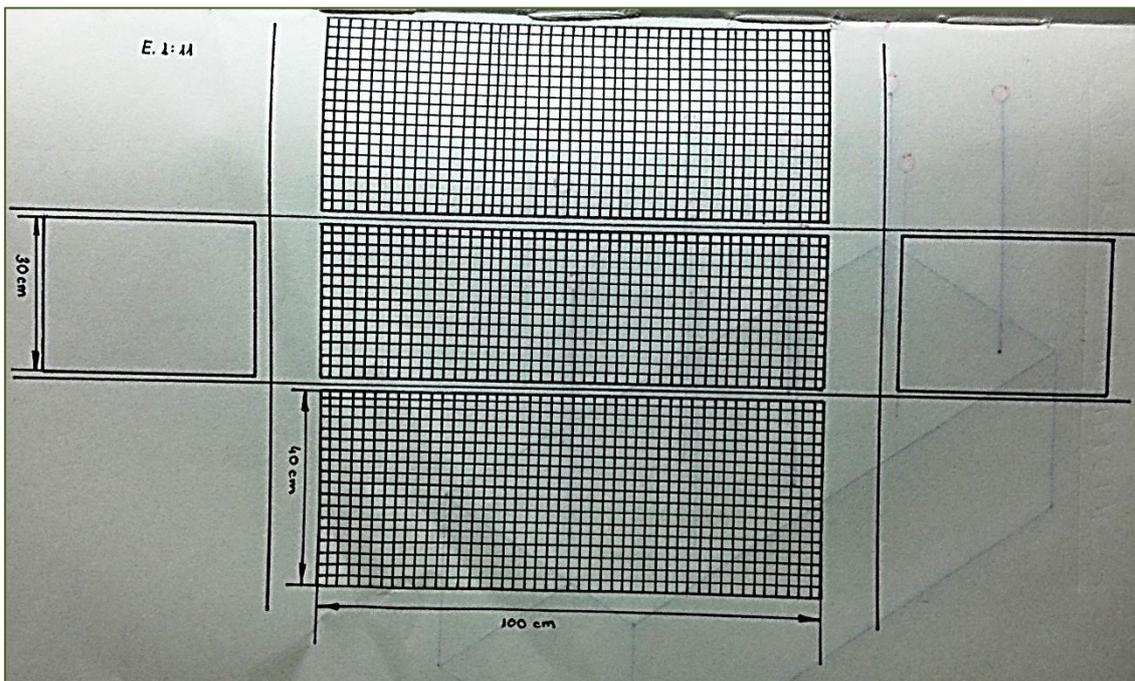


Figura 20. Esquema de las diferentes perspectivas de las estructuras rectangulares y sus medidas.

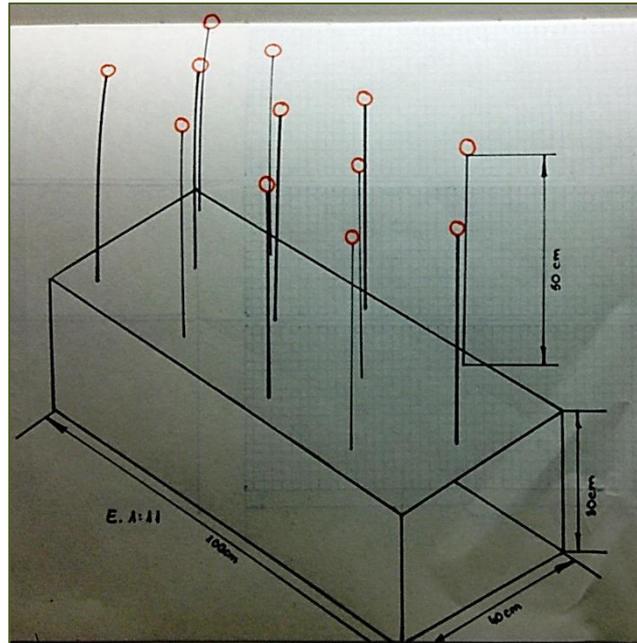


Figura 21. Esquema 3D de las estructuras rectangulares, cabos flotantes y sus medidas.

En la Figura 22 se observa una de las variantes de cómo se hizo atravesar el cabo por el interior de las estructuras rectangulares. La otra variante se realizó siguiendo la diagonal del lado a lo largo de toda la estructura. Se ha hecho de dos formas distintas para poder observar si hay diferencia entre estos patrones, si se diferencian respuestas de comportamiento o resulta indiferente.

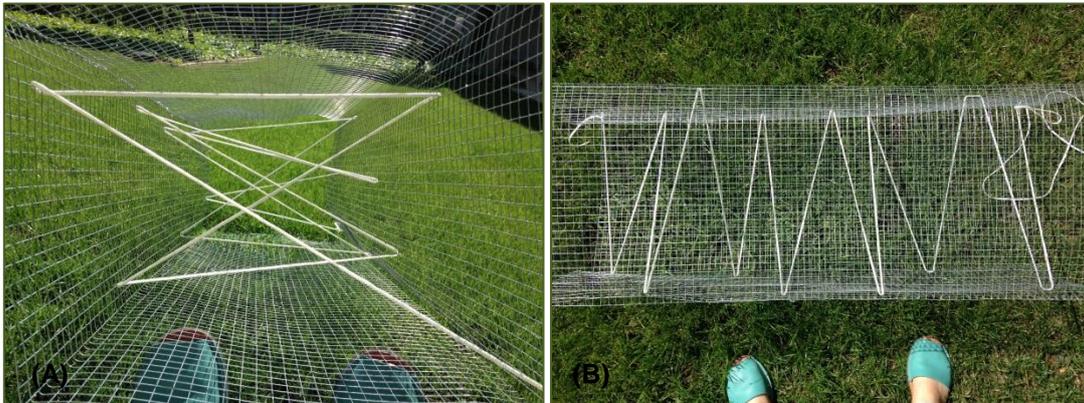


Figura 22. Detalle del cabo interior de las estructuras rectangulares. Interior (A). Vista desde arriba (B).

Por tanto, la metodología es básicamente el fondeo de estas estructuras descritas y su observación periódica mediante inmersiones y tomas de datos. Los datos que se toman son una combinación de fotografías, vídeos y datos numéricos aproximados de la cantidad de huevos en las puestas halladas. Las imágenes se toman para una contabilización más exacta *a posteriori*. Este proceso permite tener un registro de la evolución de las puestas y llevar el estudio a cumplir sus objetivos de determinar la efectividad de la inclusión de este tipo de sustratos artificiales como lugares de puesta de sepia y calamar.

Sistema de análisis de datos. Los datos obtenidos a partir de este método de observación han sido gestionados mediante tablas, diferenciando entre profundidades, transectos, puntos individuales de cada transecto y orientación respecto del espigón del puerto. Tras la transcripción de los datos numéricos tomados durante el trabajo de

campo se ha ido realizando una revisión del material gráfico para corroborar y rectificar estos datos. De esta forma los resultados han sido más exactos. Se ha tenido en cuenta si las puestas halladas de una revisión a otra eran las mismas o eran puestas nuevas. De este modo, para las representaciones gráficas se ha asignado un color diferente para las puestas correspondientes a cada periodo. En la Tabla 4 se muestra la información referente a la duración de cada periodo y al color que se le ha asignado. Por tanto, para la interpretación de las gráficas se deberá saber:

- a) Las puestas se han representado por cada punto de cada transecto individualmente.
- b) Se han representado únicamente los puntos de interés.
- c) En el caso del género *Loligo*, por da dificultad de diferenciar la procedencia de los huevos ya que ambas especies realizan las puestas de aspecto idéntico, se realizan los análisis de forma conjunta para las dos especies.
- d) Las representaciones gráficas del género *Loligo* representan el número de cápsulas digitiformes halladas en cada punto, no el número de huevos. Se ha representado de este modo por aportar sencillez al gráfico. Cada cápsula digitiforme contiene un promedio de 90 huevos de calamar en su interior.
- e) Las puestas halladas el día de la primera observación aparecerán en azul, en caso de encontrarse estas mismas puestas en la siguiente revisión la columna se repetirá manteniendo este mismo color y tamaño, en caso de encontrarse la misma puesta, pero en una cantidad de huevos menor la columna seguirá apareciendo, pero representando la nueva cantidad de huevos, de esta forma hasta que desaparece la puesta.
- f) En caso de mantenerse una misma puesta de una revisión a otra y encontrarse en el mismo punto del mismo transecto otra puesta añadida, esta puesta se sumará con un color distinto a la columna que se estará repitiendo de la revisión anterior. Por lo que, en caso de verse representada una columna de dos o más colores, cada color representará el día en que se encontró la puesta. Las veces que se repita una misma columna de un mismo color indicará la duración aproximada de la maduración embrionaria de los huevos.

Tabla 4. Información de la duración de los cuatro periodos de observación y asignación de colores en sus representaciones gráficas.

Nº de periodo	Fecha de inicio	Fecha de fin	Duración (días)	Color
1	18/03/2016	17/05/2016	61	Azul
2	18/05/2016	25/05/2016	7	Rojo
3	26/05/2016	09/06/2016	14	Verde
4	10/06/2016	24/06/2016	14	Morado

4. Resultados y discusión

A continuación, se procede a la exposición de los resultados que se han registrado durante la duración del estudio. Se expondrán primero los datos de la primera fase del trabajo, los obtenidos a partir de la gestión de huevos eliminados de las artes de pesca tras la revisión periódica de las jaulas que fueron instaladas. Estos primeros datos no distinguen entre cantidad de huevos de sepia y de calamar, los datos representan el total de huevos procedentes de las especies estudiadas indistintamente. Seguidamente se expondrán los datos referentes al análisis de la efectividad de los

sustratos artificiales puestos en el mar. En este caso se discutirán los resultados de *S. officinalis* y de *Loligo* por separado, el método ha permitido el desglose del análisis.

4.1. Gestión de huevos eliminados de las artes de pesca

En la Tabla 5 se ha organizado un resumen de todos los datos obtenidos por cada jaula. Se han añadido todos aquellos datos que se consideran relevantes para el análisis de los resultados. Los periodos de control son de duraciones irregulares y se fueron realizando más o menos periódicamente según la necesidad. La primera jaula llegó a contener el número de huevos más elevado. Se consideró en su momento que era una cantidad demasiado elevada, por lo que la segunda jaula se cerró con una cantidad mucho menor. El mismo día que se clausuraba una de las jaulas se instalaba la nueva jaula, de modo que no quedó ningún día sin jaula en mitad del estudio. Las jaulas que se iban cerrando se revisaban con menos frecuencia, pero se seguía llevando un control. A medida que pasaban los días, se pudo observar como alrededor de las jaulas que ya llevaban días conteniendo huevos, empezaban a salir pequeños juveniles. Una muestra de ello se puede ver en la Figura 24.

Tabla 5. Resumen de los datos obtenidos durante los controles de las jaulas contenedoras de huevos. Datos organizados por jaulas.

Nº control	Duración periodo (días)	Jaula nº	Tiempo (días)	Nº huevos (Ud.)	Promedio diario (huevos/día)
1	10	Jaula 1	32	18183	568
2	8				
3	2				
4	6				
5	1				
6	5				
7	1	Jaula 2	17	10583	623
8	6				
9	2				
10	8				
11	3	Jaula 3	41	300	7
12	1				
13	15				
14	7				
15	1				
16	14				

En la Figura 23 se muestra la representación gráfica de la tabla contenedora de la totalidad de los datos. Nuevamente se ha diferenciado entre cada jaula individualmente.

La jaula 1 tuvo un comienzo relativamente lento. Se instaló el 11 de marzo y en 10 días la cantidad de huevos aumentó a una velocidad promedio de 121 huevos/día. Esta cantidad, si se compara con el promedio final tras la clausura de esta jaula es bajo. El promedio final de recogida de huevos de calamar y sepia de la jaula 1 resultó en el momento de su cierre de 568 huevos/día. En el gráfico representativo se puede apreciar como inicialmente el aumento es más paulatino y llegado el mes de abril la

recogida de huevos se dispara. Continuando este mes con la jaula 2, la cual fue llenada hasta la cantidad que se consideró adecuada en cuestión de 17 días, a una velocidad promedio de 623 huevos/día, más rápido que en la jaula 1. Se puede afirmar por tanto que el mes de abril fue un mes con una cantidad de puestas muy elevada. En cuanto se cambió de jaula y se introdujo la jaula 3, el mismo día que fue clausurada la jaula 2, la recogida de huevos cesó. No se encontraron huevos hasta haber pasado casi un mes de su instalación. El promedio de entrada de huevos en esta jaula resultó de 7 huevos/día, cifra considerada extremadamente baja tras las observaciones anteriores.

En total, se recogió una cantidad aproximada de 29066 huevos de sepia y calamar. Esta cantidad es muy elevada si se tiene en cuenta que estos huevos se iban a perder en el caso de no haber instalado esta serie de jaulas. Se calcula que de todos estos huevos habrán llegado a eclosionar el 70%, cálculo aproximado a partir de las observaciones de la evolución del volumen de la masa de huevos en las jaulas una vez cerradas. Esto supone una cantidad de huevos eclosionados de 20346 huevos. Con que solo la mitad de estas paralarvas hayan conseguido salir adelante, se llega a una gran cantidad de sepias y calamares adultos que se hubieran perdido.

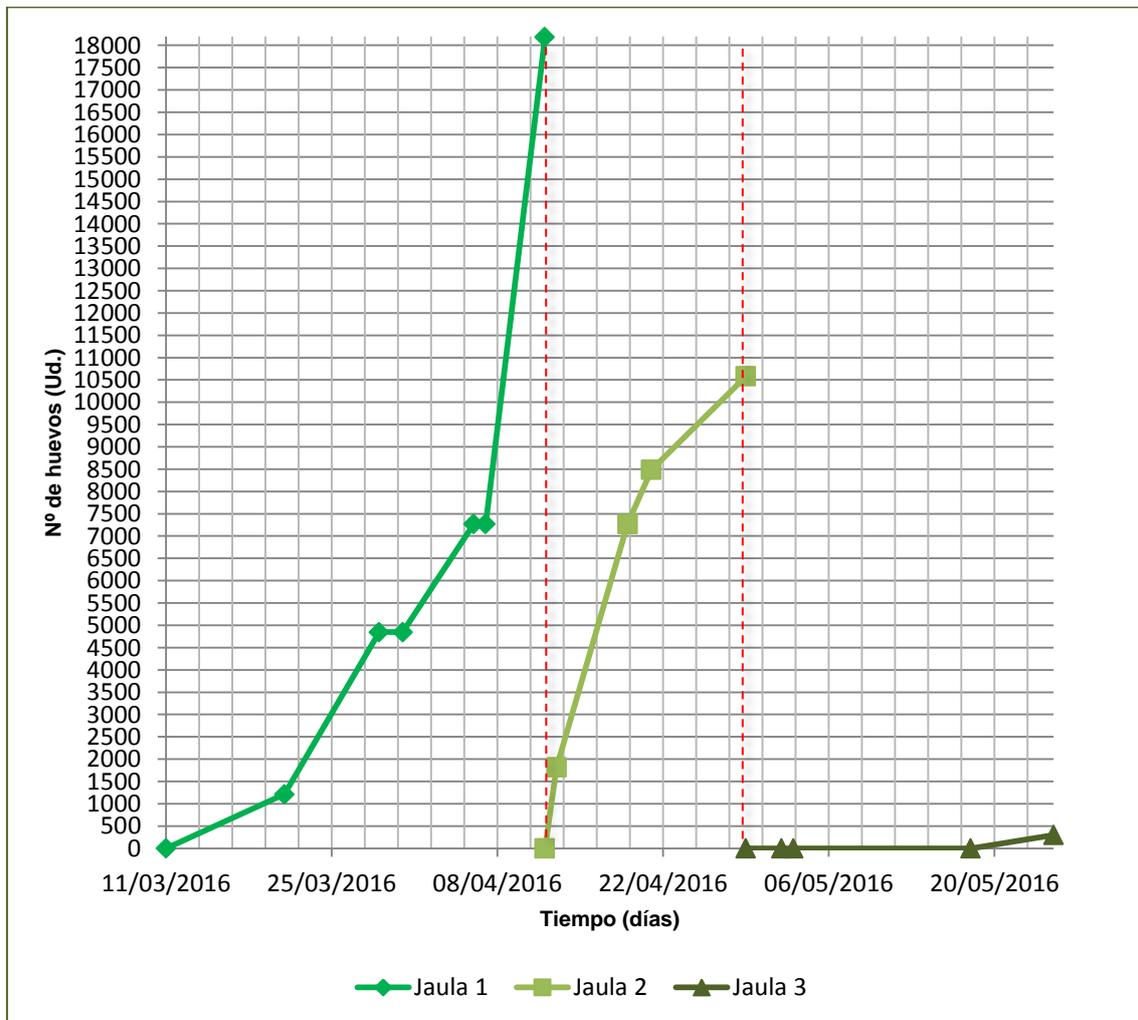


Figura 23. Representación gráfica del aumento de número de huevos en cada jaula respecto del tiempo.



Figura 24. Paralarva de *S. officinalis* salida de una de las jaulas ubicadas en el puerto pesquero.

4.1.1. Dificultades

Durante el tiempo de estudio surgieron algunas dificultades en ciertos momentos dados. Estas dificultades aparecieron en cierta parte por errores en la metodología y falta de previsión en el estudio.

Uno de los días en que se quiso revisar la ya clausurada jaula 1 y se iba a proceder a una limpieza de la estructura, 20 días después de haberla cerrado, nos encontramos con que aparentemente los huevos que contenía se habían convertido en una especie de pasta negra y aparentemente putrefacta. Se vació en contenido en un barreño y se pudo comprobar que no se había perdido todo lo allí contenido. Lo que había ocurrido fue que gran parte de los huevos habían empezado a eclosionar y el residuo del huevo, al quedarse allí, en agua falta de corrientes y con una temperatura relativamente elevada se había empezado a descomponer. En el barreño en el que se echó el contenido de esta jaula se pudieron ver algunos juveniles de sepia y calamar nadando, los cuales fueron devueltos al agua. El resto de residuo fue retirado, junto a la jaula. Se podría haber evitado este acumulo de materia orgánica en descomposición llevando la jaula una vez clausurada a uno de los puntos ubicados en mar abierto y fondeándola allí para que así los juveniles estuvieran ya en mar abierto y para que las corrientes marinas evitaran esa descomposición concentrada. Otro error cometido en esta primera jaula fue el no clausurarla antes de lo que se hizo, tal vez los aproximadamente 18000 huevos eran demasiados. Este error sí que fue rectificado en la siguiente jaula.

La jaula 2 estuvo cerrada y sumergida durante 27 días hasta que se procedió a su retirada. Durante estos 27 días fue limpiada una vez para fomentar que hubiera más fluidez de agua por su interior. El día en que se retiró se hizo una selección de los huevos que estaban todavía por eclosionar (un total de 1500 huevos) y el resto, el residuo de huevos eclosionados, fue retirado junto con la jaula. Los 1500 huevos en buen estado que fueron separados se introdujeron en la jaula 3, la cual tenía un contenido aproximado de 300 huevos. El día antes de proceder a la retirada de la jaula 2, fue día de revisión, la jaula fue encontrada rota con un corte en la parte de la red que formaba la boca de entrada. Varios pescadores me comentaron que días antes vieron a un par de hombres hurgando en la jaula. Se sospecha que hubo un robo de huevos según me informaron. En la Figura 25 se puede ver como se encontró la jaula 2 tras este incidente.



Figura 25. Jaula 2. Imagen de la situación encontrada el día 25/05/2016.

La jaula 3 fue retirada 14 días después que la jaula 2, pues no hubo incremento de huevos. Los pescadores me comentaron que tras cambiar de especie objetivo en sus artes pesqueras por cuestión de temporada ya no iban a recoger más huevos. Visto lo ocurrido con la jaula 1, esta última jaula fue retirada y fondeada en uno de los puntos donde se han instalado los sustratos artificiales para la segunda fase de este estudio. La jaula 3 se halla actualmente en el transecto 2 (T2 – N11,1).

4.2. Análisis de la efectividad de los sustratos artificiales

En este apartado se analiza la evolución de las puestas. El análisis se lleva a cabo diferenciando entre cada punto de cada transecto que ha presentado resultados relevantes, así como entre la especie *S. officinalis* y el género *Loligo*. Primero se procederá al análisis de las puestas de sepia y a continuación de las puestas de calamar. En los resultados que se presentan a lo largo de todo este apartado se podrá apreciar como en los transectos de menor profundidad se encuentran las puestas de sepia mientras que en los de más profundidad se encuentran las puestas de calamar. No se ha encontrado ninguna puesta de sepia en los transectos T3 ni T6, del mismo modo que no se ha encontrado ninguna puesta de calamar en los transectos T1 ni T4. Antes de adentrarse en el análisis desglosado de las puestas, es importante hacer una pequeña observación de las temperaturas y salinidad del agua durante el periodo de estudio. En la Figura 26 se muestra la variación de temperaturas durante el tiempo que ha durado el estudio, las temperaturas han aumentado paulatinamente en los periodos iniciales y más bruscamente en los últimos periodos. Lo cual servirá como explicación en las variaciones de los periodos embrionarios de las puestas.

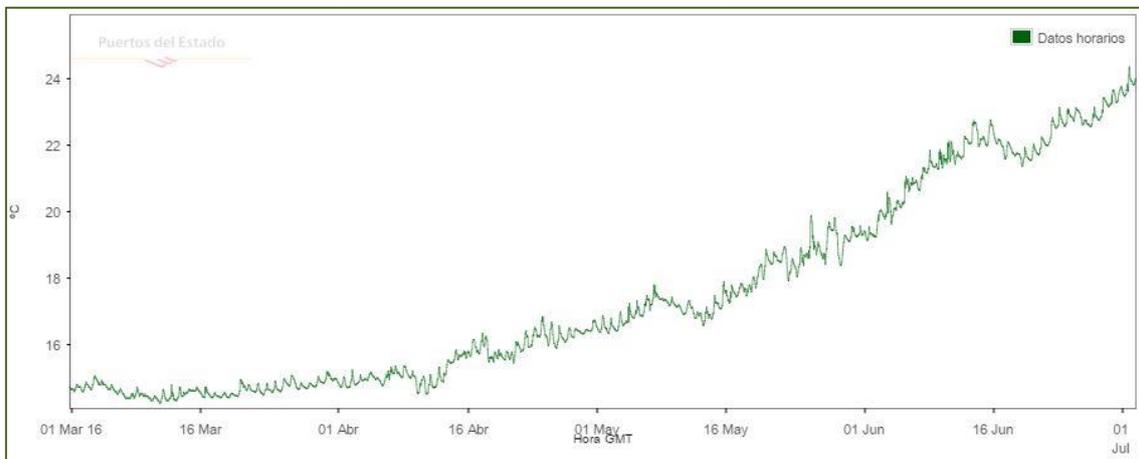


Figura 26. Variación de la temperatura durante el tiempo de estudio. Fuente: (Puertos del Estado, 2016)

4.2.1. *Sepia officinalis*

Como se ha indicado, vamos a empezar con el análisis de la evolución de las puestas de sepia. El primer punto en el que se han obtenido datos relevantes es el punto 8 del transecto 1 (T1_8), este transecto es el situado en la parte norte del espigón a menos profundidad: 7,2 metros de profundidad. La representación gráfica que se muestra en la Figura 27 deja ver cómo durante el primer periodo, unos días antes de la fecha de la primera revisión, hubo una pequeña puesta de 25 huevos, la cual se mantuvo durante el desarrollo embrionario hasta la segunda revisión y desapareció el día de la tercera revisión. No se puede determinar la duración exacta del desarrollo embrionario ya que desde el fondeo de los sustratos hasta el día de la primera revisión (Periodo 1) el tiempo transcurrido fue de dos meses. Durante el periodo 4 se produjo una segunda puesta en este punto, esta puesta fue más numerosa, se contabilizaron un total de 160 huevos. Esta puesta no estaba enganchada únicamente al cabo vertical del punto, sino que este ejemplar aprovechó las cuerdas transversales que se le fueron atadas a lo largo de la vertical.

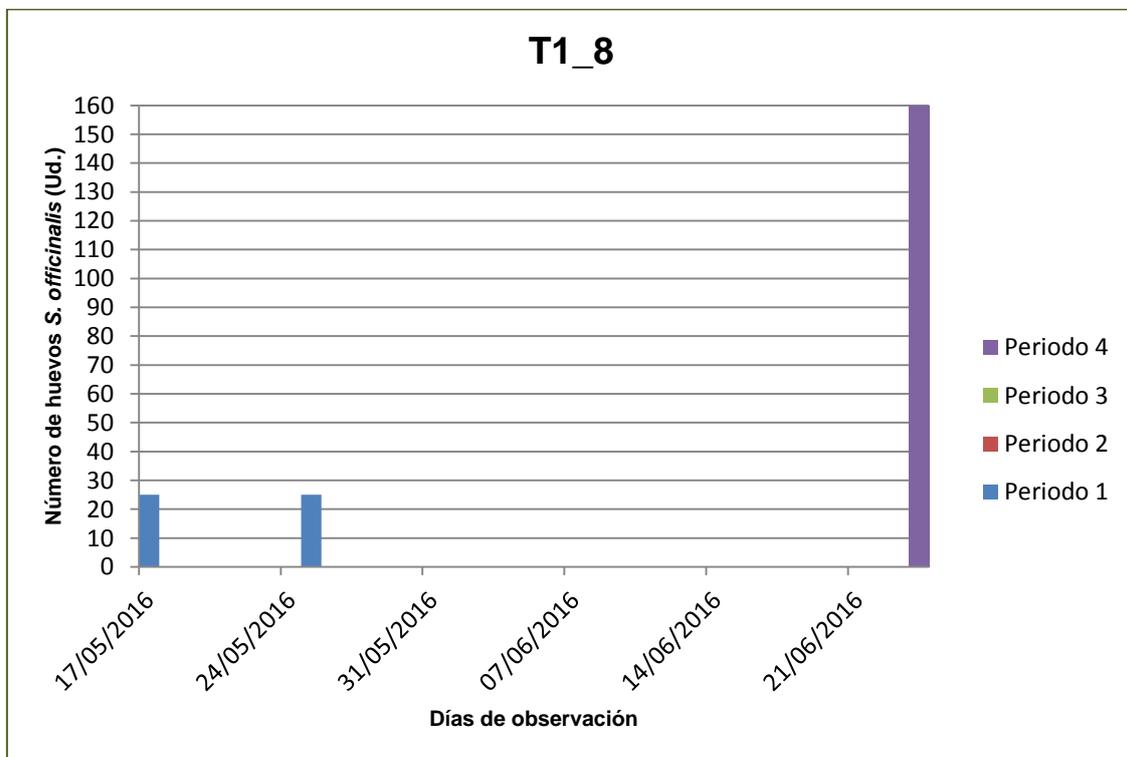


Figura 27. Representación gráfica de la evolución de puestas de *S. officinalis* en el punto T1_8 durante el periodo de observación.

La Figura 28 corresponde a la representación gráfica de la evolución de las puestas encontradas en el punto 3 del transecto 2 (T2_3). En la primera revisión fue hallada en este punto una puesta de unos 60 huevos aproximadamente, la cual se mantuvo durante los periodos 2 y 3 pero ya no se encontró en la revisión de lo ocurrido durante el periodo 4. En la revisión del segundo periodo se encontró en este mismo punto una adición de 14 huevos más. Los cuales se mantuvieron en la revisión del periodo 3 pero ya no se encontraron en la revisión del cuarto periodo. Estos 14 huevos correspondientes a una puesta distinta tuvieron un desarrollo embrionario más corto que los de la puesta inicial, probablemente influenciado por el aumento de

temperaturas durante esta época. Durante el periodo 4 no se produjeron puestas en este punto.

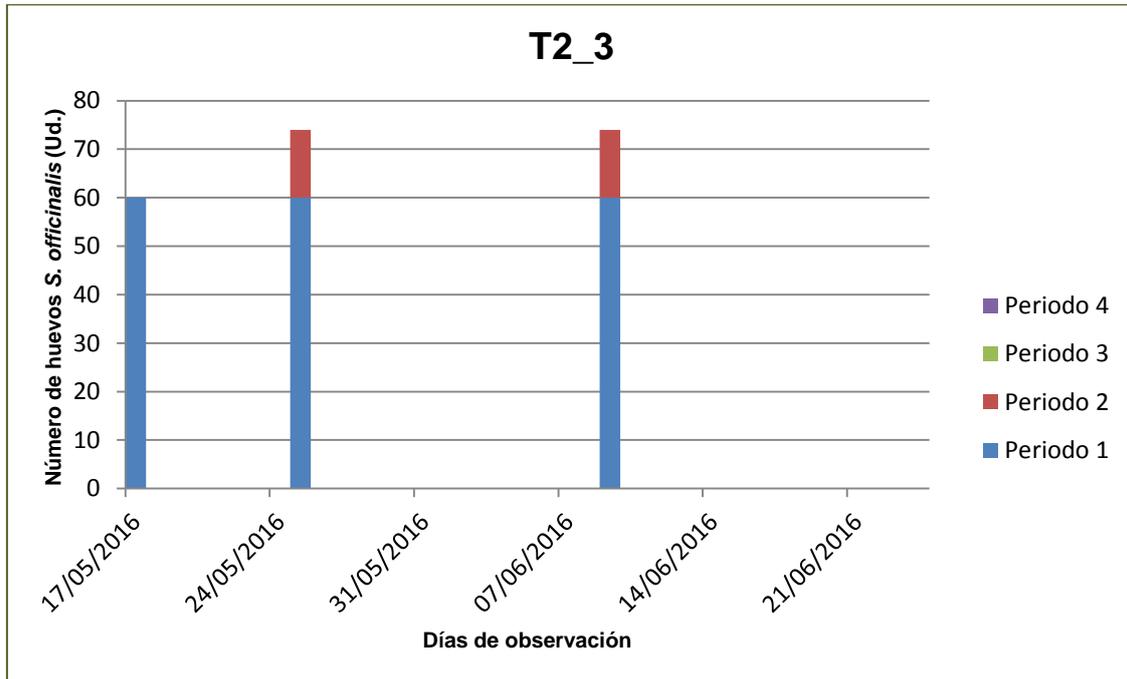


Figura 28. Representación gráfica de la evolución de puestas de *S. officinalis* en el punto T2_3 durante el periodo de observación.

Pasando ya a la parte sur, en el punto 1 del primer transecto (transecto menos profundo, T4) de esta parte, en la primera revisión no se encontró ninguna puesta, fue a partir de la segunda revisión cuando se empezaron a encontrar numerosas puestas en este punto. En la segunda revisión se encontró la primera puesta de este punto, puesta que fue realizada durante el periodo 2. El día de la tercera revisión se encontró esta misma puesta de 90 huevos, pero con un añadido de 5 huevos más, y el día de la cuarta y última revisión había desaparecido la puesta que se había realizado durante el periodo 2, mientras que se mantenía la puesta de 5 huevos realizada durante el periodo 3 y además se había realizado una nueva puesta durante el periodo 4 de 70 huevos. La evolución de las puestas en este punto viene representada gráficamente en la Figura 30. También, por la abundancia de puestas y para apoyar lo representado en este gráfico, en la Figura 29 se muestra el detalle de estas tres puestas.

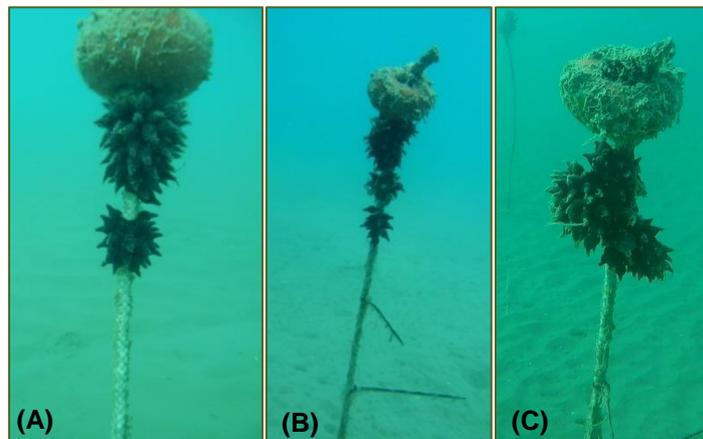


Figura 29. Detalle de las tres puestas de *S. officinalis* halladas en el punto T4_1. A. Puesta realizada durante el Periodo 2; B. Puesta realizada durante el Periodo 2 y la del Periodo 3; C. Puesta del Periodo 3 y junto con la realizada durante el Periodo 4.

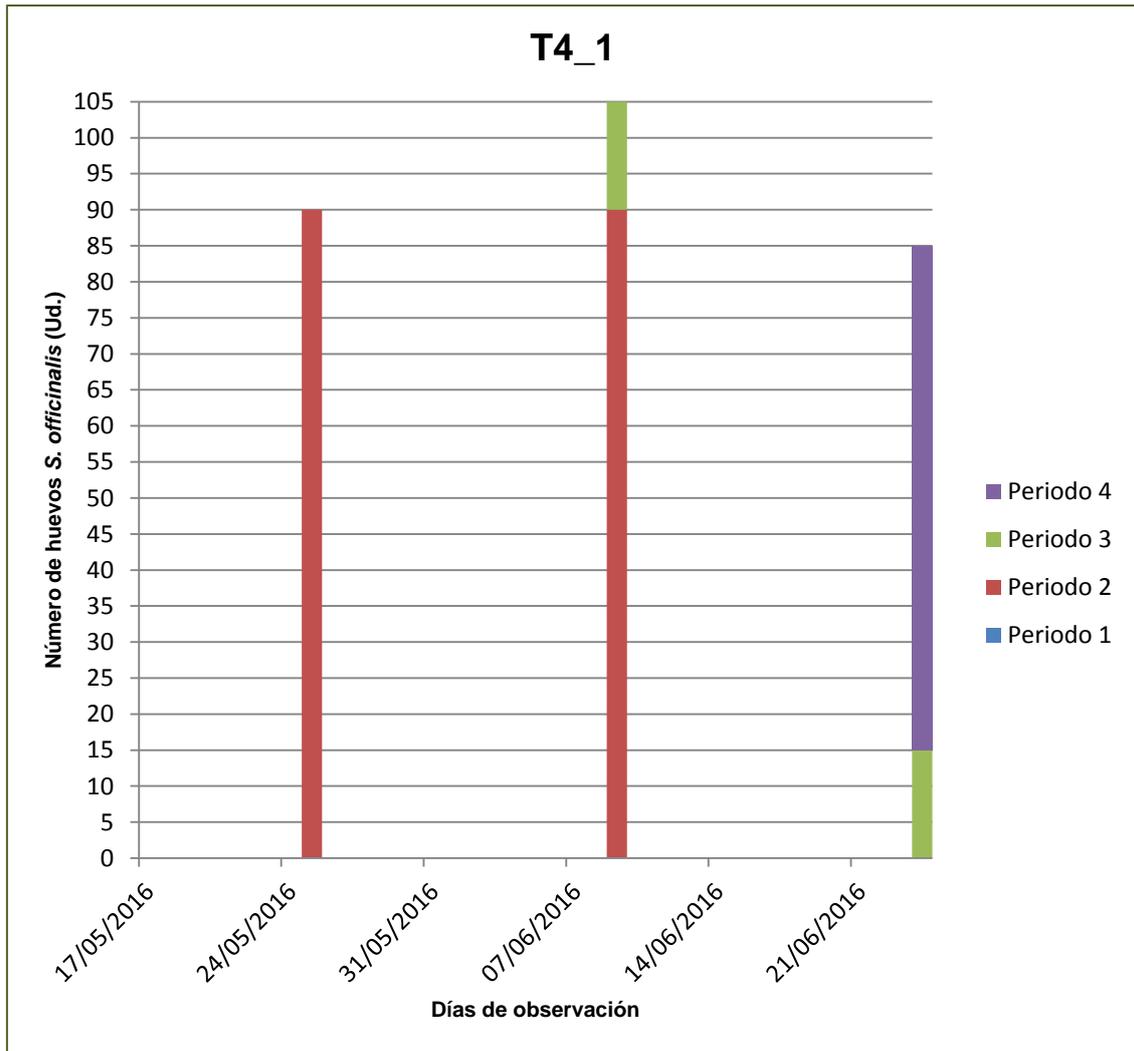


Figura 30. Representación gráfica de la evolución de puestas de *S. officinalis* en el punto T4_1 durante el periodo de observación.

El siguiente punto a analizar es el punto 2 del transecto 4 (T4_2). En este caso se encontró una puesta que fue realizada durante el primer periodo de 5 huevos. El día de la segunda revisión esta primera puesta había desaparecido, pero durante el segundo periodo se había realizado otra de 15 huevos, que se mantuvo durante el periodo 3 pero que desapareció durante el periodo 4. En la tercera revisión además de mantenerse la puesta del periodo 2 se encontraron 5 huevos más que debieron ser añadidos durante el periodo 3. Estos últimos 5 huevos también habían desaparecido cuando se realizó la cuarta revisión del punto. El tiempo de desarrollo embrionario de esta última puesta debió ser muy corto, tal vez por el aumento de temperaturas del agua. También de baraja la posibilidad de que en realidad no hayan llegado a eclosionar y que hayan sido desenganchados por alguna fuerte corriente de agua o por algún depredador. Durante el periodo 4 no se produjo ninguna puesta en este punto. En la Figura 31 se muestra la representación gráfica de la evolución de las puestas en este punto del transecto 4.

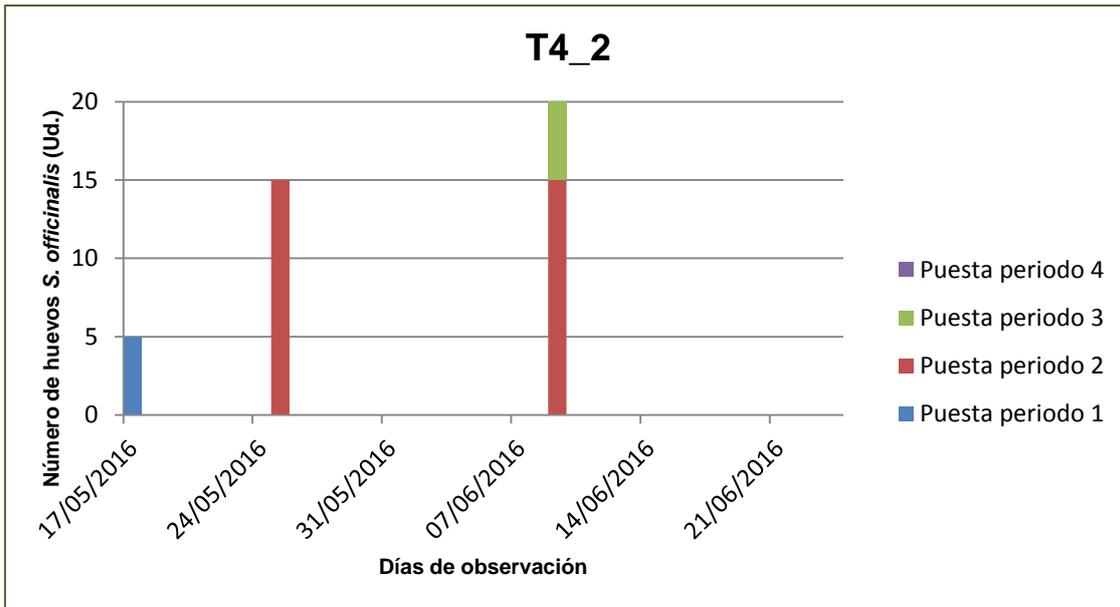


Figura 31. Representación gráfica de la evolución de puestas de *S. officinalis* en el punto T4_2 durante el periodo de observación.

En el punto 3 del transecto 4 (T4_3), representada la evolución de las puestas aquí halladas en la Figura 32, se registró una primera puesta de 11 huevos el día de la primera revisión. Estos 11 huevos se mantuvieron estables durante los periodos 2 y 3 y eclosionaron durante el periodo 4. En la cuarta revisión de este punto no se hallaron puestas de ningún tipo.

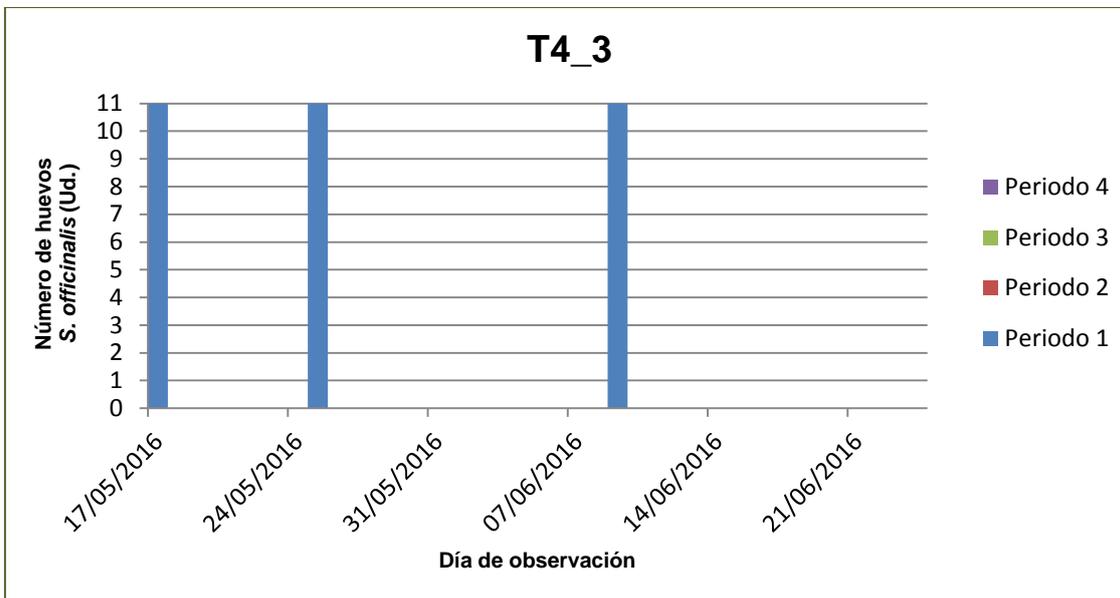


Figura 32. Representación gráfica de la evolución de puestas de *S. officinalis* en el punto T4_3 durante el periodo de observación.

En el punto 5 del transecto 4 (T4_5) ocurrió algo similar a lo ocurrido en el punto anteriormente analizado. La puesta hallada en la primera revisión de 5 huevos se mantuvo intacta durante el periodo 2. En la tercera revisión se pudo observar como seguía estando la misma puesta pero faltaban dos de los huevos, supuestamente eclosionados. En la cuarta revisión no se hallaron puestas de ningún tipo. Esto se puede ver representado mediante un gráfico en la Figura 33.

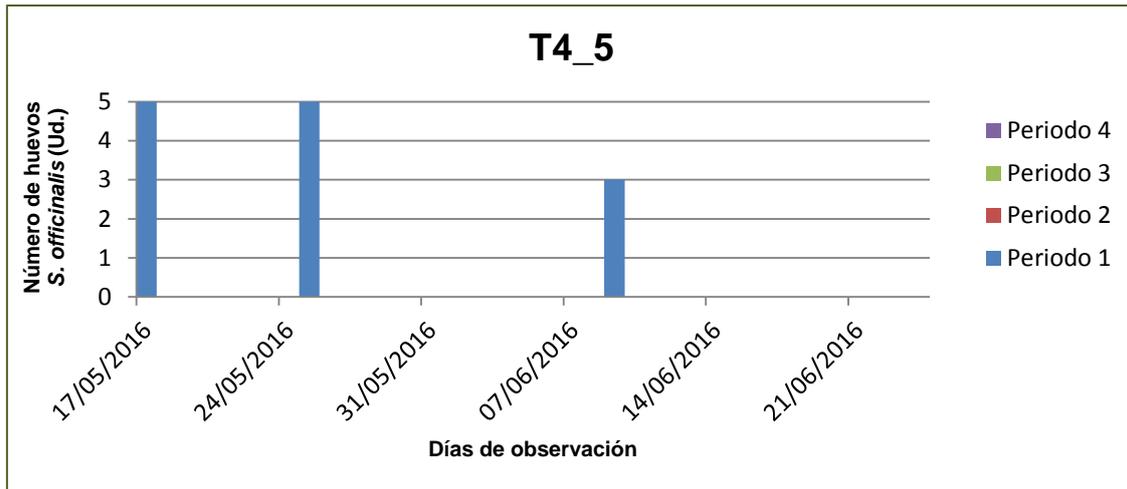


Figura 33. Representación gráfica de la evolución de puestas de *S. officinalis* en el punto T4_5 durante el periodo de observación.

Además de las puestas descritas en este mismo apartado, halladas en los diferentes puntos de cada transecto, se encontraron también puestas en los cabos que forman la base de los transectos y en la jaula que fue fondeada tras retirarla del puerto pesquero (Jaula 3).

En la revisión 3 del punto T1 (7,2 metros de profundidad), se encontró una numerosa puesta de huevos de *S. officinalis* en la unión del cabo de la base con el cabo vertical que se unía con la boya que marca la ubicación. Se contabilizaron un total de 140 huevos en este caso, los cuales ya no estaban el día de la cuarta revisión.

En la cuarta revisión (puestas realizadas durante el periodo 4) se hallaron dos grandes puestas. Una de estas puestas estaba en el transecto 2 (11,1 metros de profundidad), punto en el que se fondearon las estructuras y la jaula 3, la cual estuvo únicamente instalada en este punto durante el periodo 4. La puesta estaba distribuida por toda la superficie exterior de la jaula 3, con un total de 197 huevos. La segunda puesta numerosa descubierta en esta revisión se encontró en el cabo de la base del transecto 4 (7,1 metros de profundidad), la puesta sumaba un total de 210 huevos.

La suma de todas las puestas de *S. officinalis* a lo largo de todo el estudio suma 1022 huevos. Por la alta variabilidad en la fecundidad de estos animales no se puede estimar el número de individuos que han realizado puestas.

4.2.2. *Loligo (L. vulgaris y L. forbesi)*

En este apartado se procede al análisis de los resultados obtenidos sobre el género *Loligo*, que como ya se ha mencionado con anterioridad no se va a diferenciar entre las dos especies posibles. Las puestas de este género han sido observadas únicamente en los transectos más profundos, a partir de los 11,1 metros de profundidad, por lo que en los transectos T1 y T4 no ha sido hallada ninguna puesta procedente de especies de calamar. Recordar que las representaciones gráficas, por aportar más sencillez al análisis, representan el número de cápsulas digitiformes, cada una de las cuales es portadora de un promedio de 90 huevos.

El primer punto a analizar es el punto 4 del transecto 2 (T2_4). En este punto se halló una puesta medianamente numerosa, de 20 cápsulas digitiformes. Esta puesta se mantuvo idéntica durante el periodo 2, por lo que en la revisión 2 seguía estando formada por las 20 cápsulas. El día de la revisión 3 esta puesta había reducido, el número de cápsulas era de 13, por lo que 7 de las 20 cápsulas habían eclosionado.

Finalmente, durante el periodo 4 eclosionaron 3 cápsulas más y el día de la última revisión quedaban únicamente 10. No hubo ninguna puesta añadida a este punto durante los periodos 2, 3 y 4. La duración del desarrollo embrionario en este caso es larga. En la Figura 34 se encuentra la representación gráfica de la disminución de esta puesta.

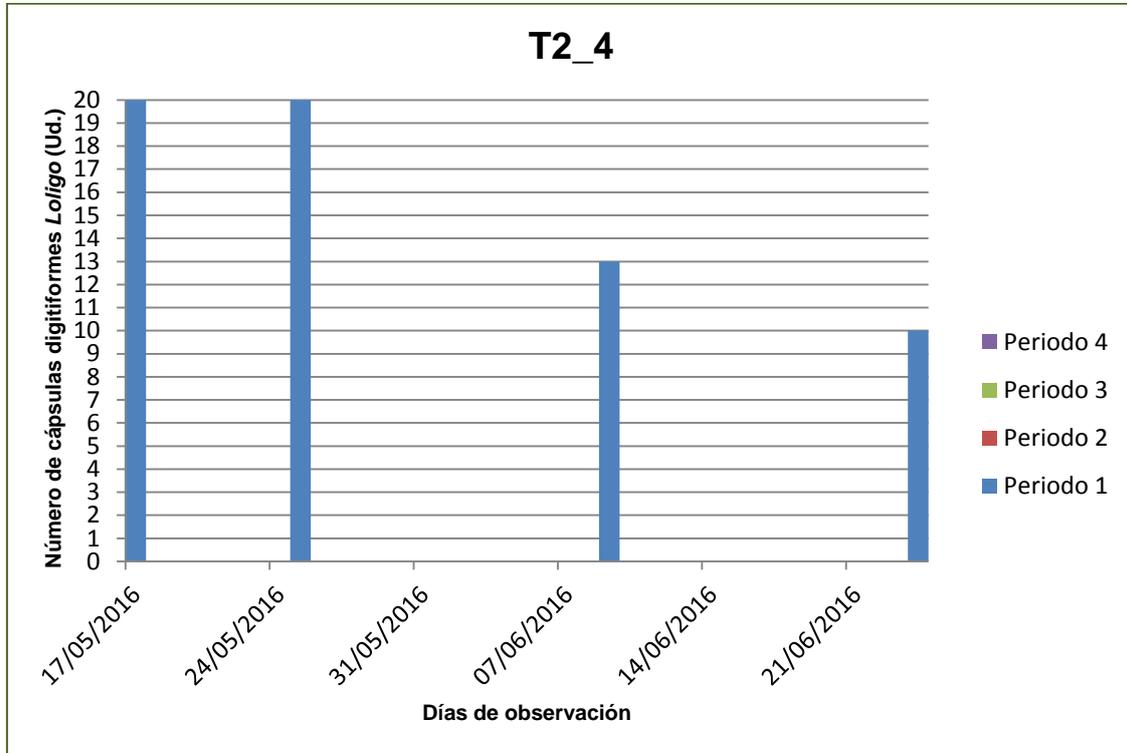


Figura 34. Representación gráfica de la evolución de puestas de *Loligo* en el punto T2_4 durante el periodo de observación.

El punto 3 del transecto 3 (T3_3) tuvo una puesta pequeña, 2 cápsulas digitiformes. No se puede estimar la duración del periodo embrionario ya que esta puesta se realizó durante el primer periodo, el más largo y desapareció durante el periodo 3, en la tercera revisión ya no se encontraron estas cápsulas. Esta puesta está representada gráficamente en la Figura 35.

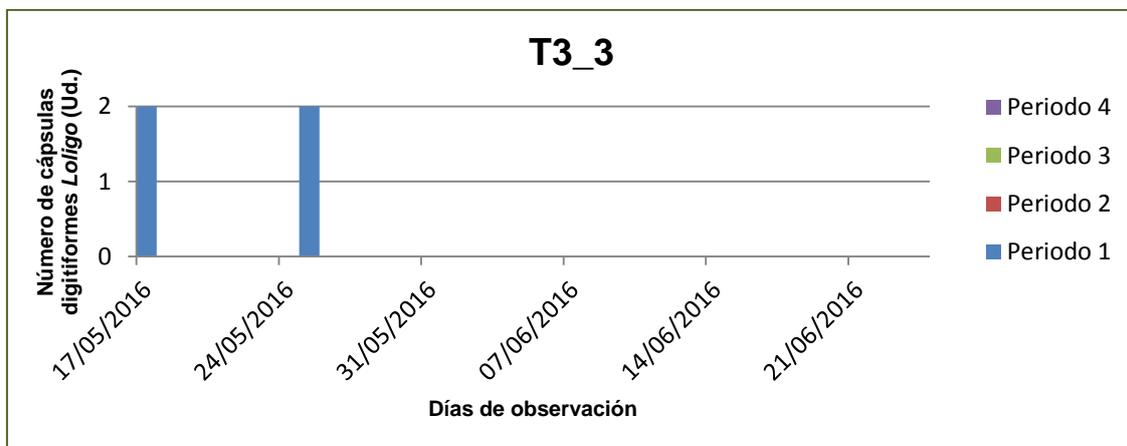


Figura 35. Representación gráfica de la evolución de puestas de *Loligo* en el punto T3_3 durante el periodo de observación.

El siguiente punto de análisis (T3_4) presenta una evolución similar a la descrita en el punto T2_4. Se encontró una puesta de 25 cápsulas digitiformes el día de la primera revisión, esta puesta se mantuvo durante los periodos 2 y 3. Durante el periodo 4 eclosionaron 5 de estas cápsulas, por lo que en la cuarta revisión se encontró una puesta de 20 cápsulas digitiformes únicamente. Tampoco en este caso hubo puestas durante los periodos 2, 3 y 4. La Figura 36 contiene la representación gráfica de esta ligera evolución en la puesta de calamar.

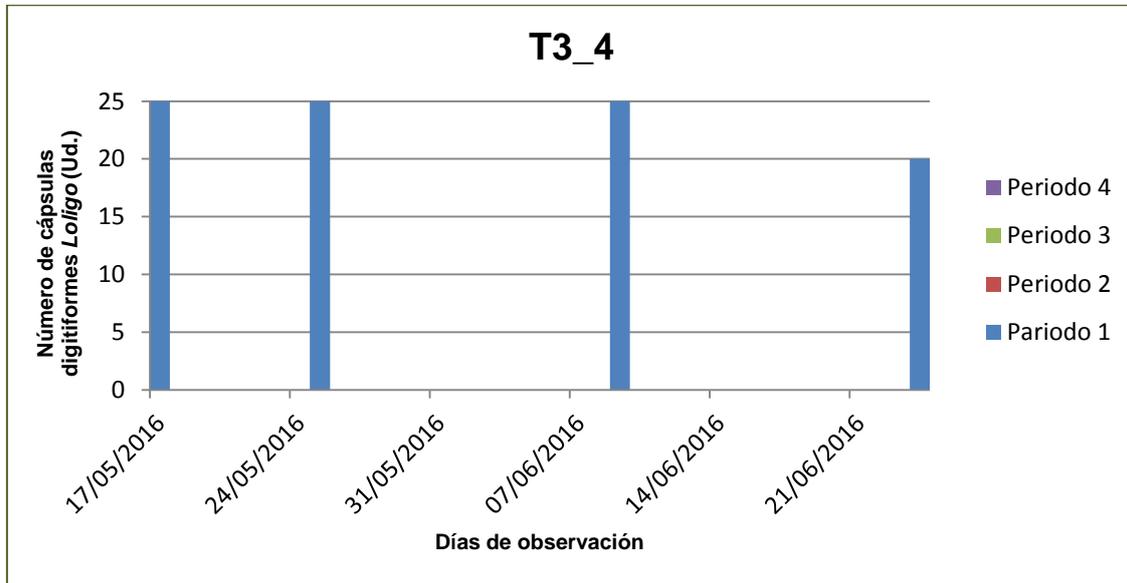


Figura 36. Representación gráfica de la evolución de puestas de *Loligo* en el punto T3_4 durante el periodo de observación.

En la Figura 37 se muestra la representación gráfica de cuándo y cómo se encontraron las puestas en el punto 8 del transecto 3 (T3_8). En este punto se produjo una puesta durante el periodo 3 de 40 cápsulas digitiformes. Se mantuvo durante el periodo 4 ya que en la cuarta revisión seguía con la misma cantidad.

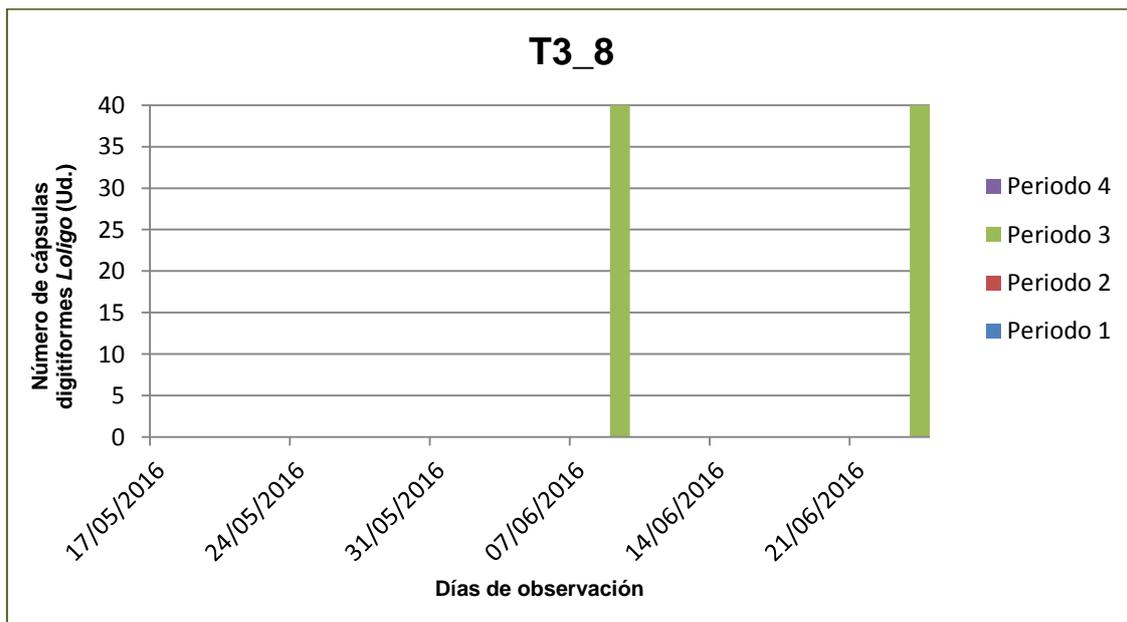


Figura 37. Representación gráfica de la evolución de puestas de *Loligo* en el punto T3_8 durante el periodo de observación.

La Figura 38 contiene la representación gráfica de las puestas halladas en el punto 11 del transecto 3 (T3__11) y su evolución en el tiempo. El día de la primera revisión se halló una puesta de 25 cápsulas digitiformes, la cual no varió durante el periodo 2 y se encontró en iguales condiciones el día de la segunda revisión. En la tercera revisión se encontraron únicamente 10 cápsulas de las 25, por lo que durante el periodo 3 eclosionaron 15 cápsulas. Estas 10 cápsulas se quedaron igual durante el periodo 4.

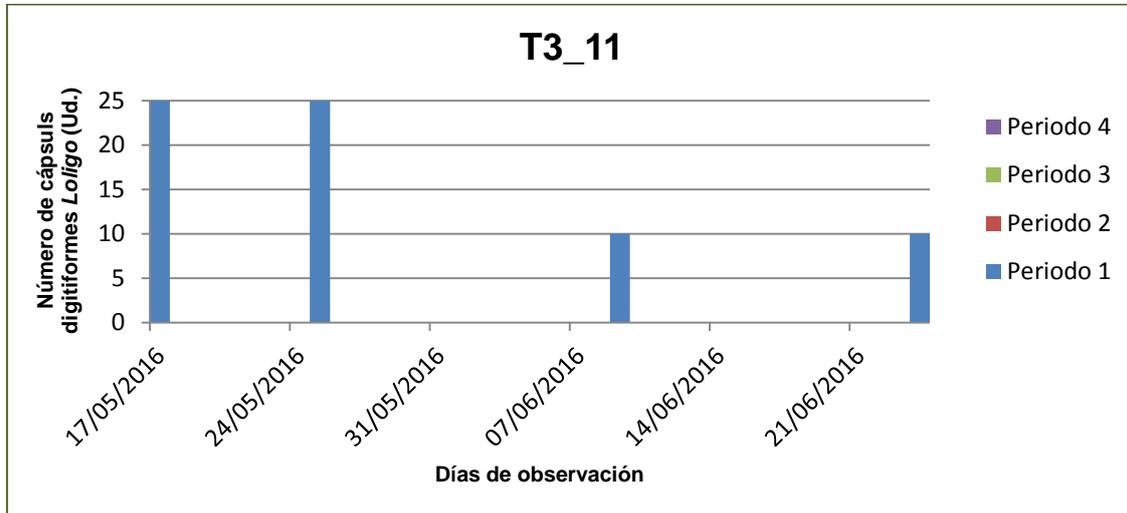


Figura 38. Representación gráfica de la evolución de puestas de *Loligo* en el punto T3_11 durante el periodo de observación.

En el siguiente punto (T5_1) no se halló ninguna puesta realizada durante el periodo 1. En cambio, en la segunda revisión se encontró una puesta de 30 cápsulas realizada durante el periodo 2. En la tercera revisión esta puesta había disminuido en número, se halló una puesta de 25 cápsulas y en la cuarta revisión 20 cápsulas quedaban únicamente. El tiempo transcurrido fue corto, por lo que no es evidente que eclosionaran las cápsulas que fueron desapareciendo de una revisión a otra. Puede que se desengancharan por alguna corriente de agua o algún depredador. Este descenso de cápsulas a lo largo de los periodos se muestra representado en la Figura 39.

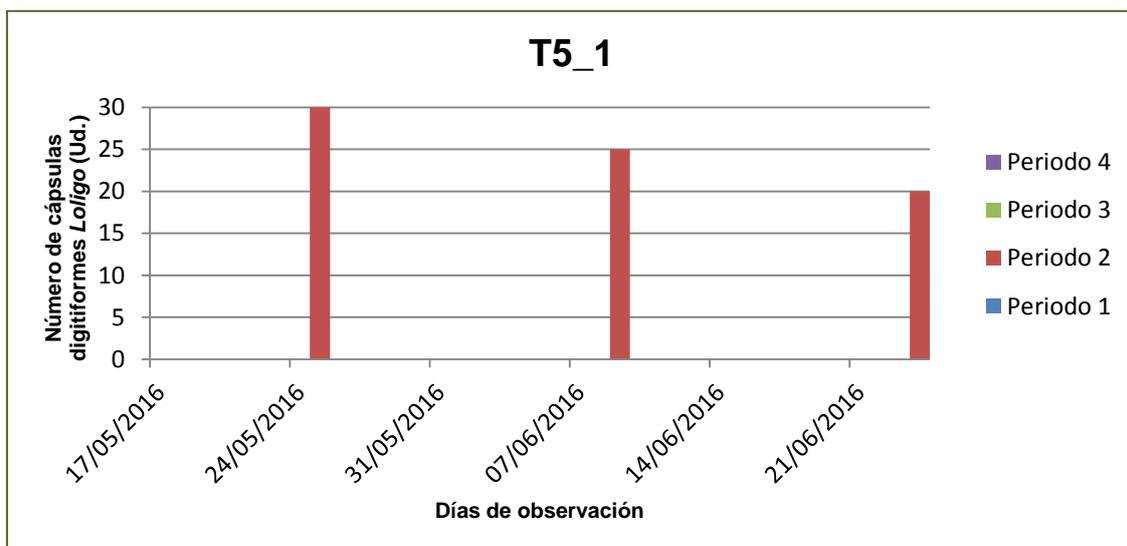


Figura 39. Representación gráfica de la evolución de puestas de *Loligo* en el punto T5_1 durante el periodo de observación.

La puesta que se encontró en el punto 2 del transecto 5 (T5_2) fue una puesta de 11 cápsulas digitiformes. Esta puesta se produjo durante el periodo 3 del estudio y se mantuvo durante el periodo 4. En la Figura 40 se muestra la representación gráfica de estos datos.

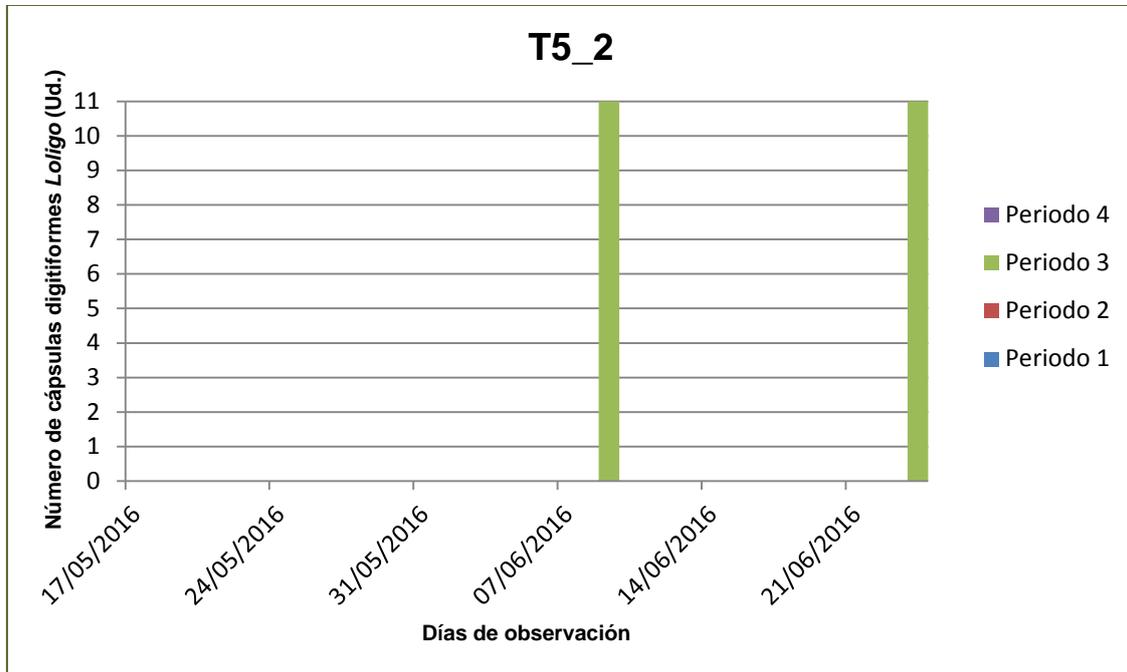


Figura 40. Representación gráfica de la evolución de puestas de *Loligo* en el punto T5_2 durante el periodo de observación.

En la Figura 41 viene representada la evolución de la puesta hallada en el punto 6 del transecto 5. Esta puesta se produjo durante el periodo 2 del estudio, se mantuvo estable durante el periodo 3 y se redujo en 3 cápsulas durante el periodo 4. El día de la cuarta revisión la cantidad de huevos digitiformes era de 13.

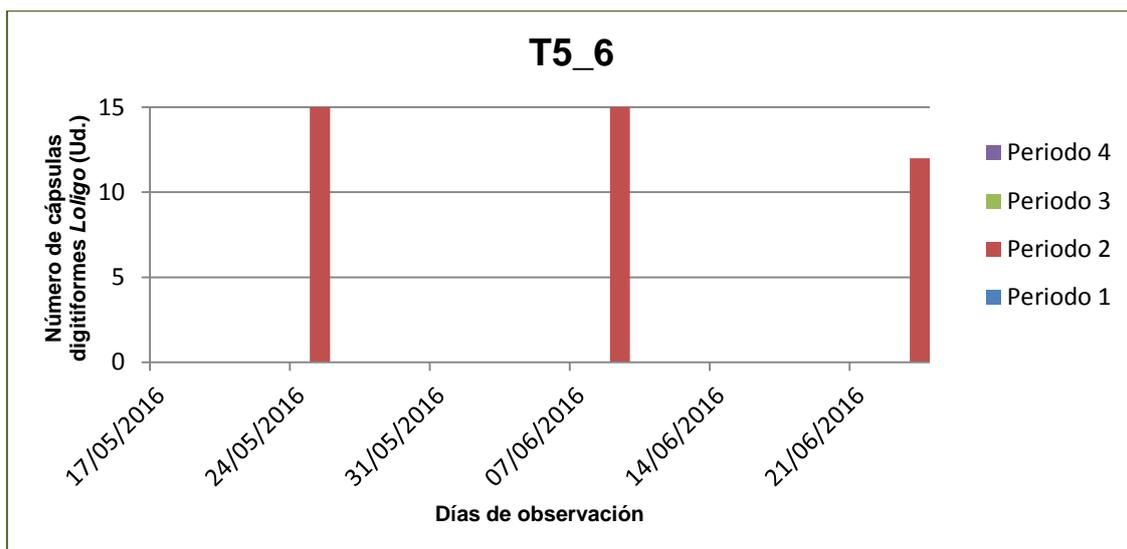


Figura 41. Representación gráfica de la evolución de puestas de *Loligo* en el punto T5_6 durante el periodo de observación.

En el punto 8 del transecto 5 (T5_8) se produjo una puesta de 30 cápsulas digitiformes durante el periodo 2 de estudio. Esta puesta disminuyó durante el periodo 3 y volvió a disminuir durante el periodo 4. En cada revisión se encontraron 5 cápsulas

menos que en la revisión anterior. En la Figura 42 se muestra la evolución de esta puesta que es exactamente igual a lo ocurrido en el punto anteriormente descrito T5_1. Nuevamente se intuye que la disminución de cápsulas se deberá, más que a una eclosión, a un desenganche de las cápsulas por corrientes o depredadores.

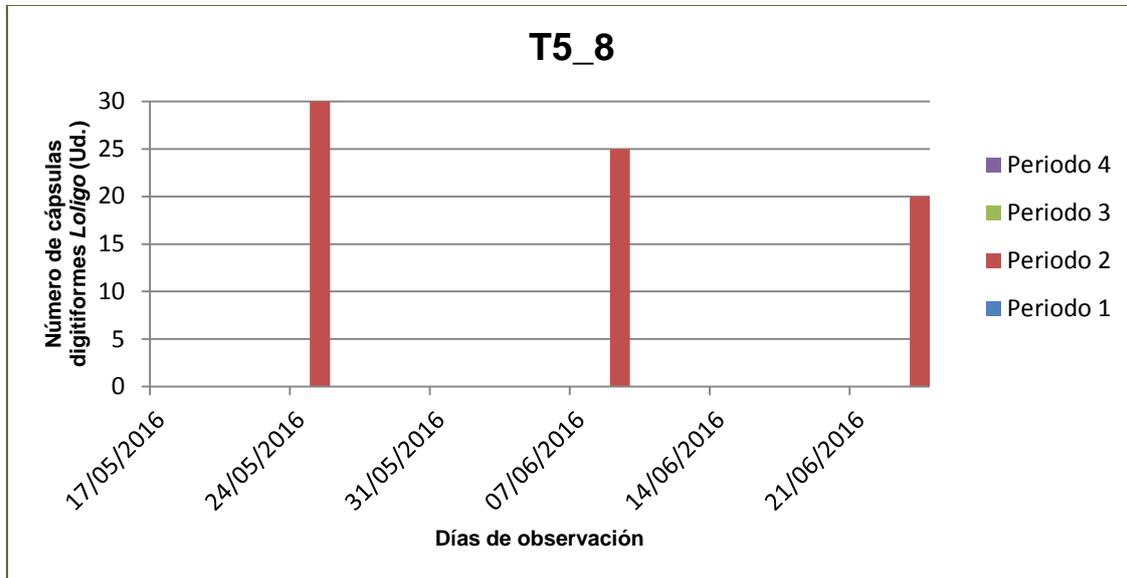


Figura 42. Representación gráfica de la evolución de puestas de *Loligo* en el punto T5_8 durante el periodo de observación.

En el punto 9 del transecto 5 (T5_9) representado en la Figura 43, se produjo una puesta durante el periodo 2 del estudio. Esta puesta fue de 20 cápsulas y se mantuvo estable durante los periodos restantes. En la última revisión seguía habiendo 20 cápsulas.

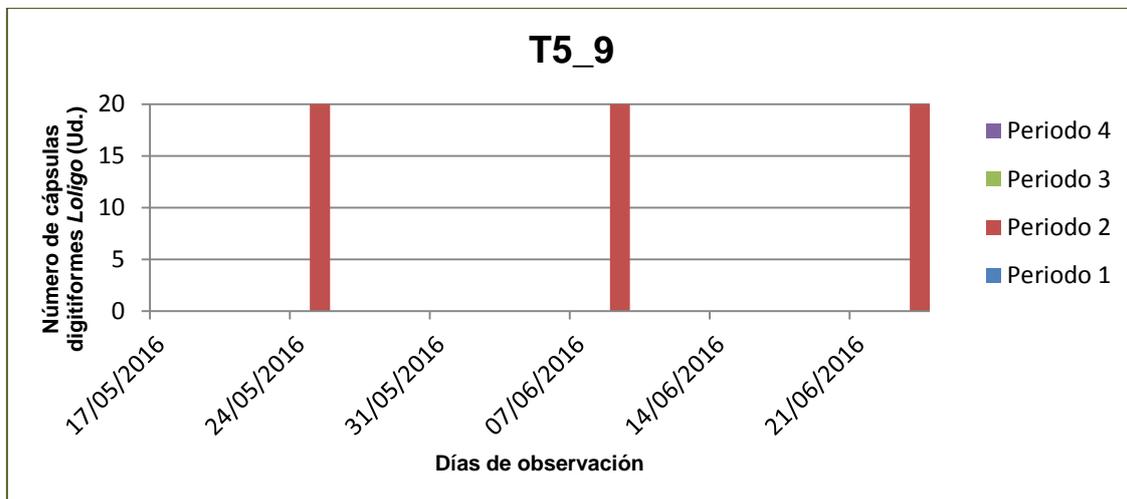


Figura 43. Representación gráfica de la evolución de puestas de *Loligo* en el punto T5_9 durante el periodo de observación.

En la Figura 44 vienen representado gráficamente los datos obtenidos del punto 5 del transecto 6 (T6_5). Durante el primer periodo no se produjo ninguna puesta, mientras que durante el periodo 2 se produjo una puesta de 18 cápsulas digitiformes. El día de la tercera revisión seguía estando la puesta realizada durante el periodo 2, pero además se había realizado una segunda puesta que se sumaba a la anterior, con un total de cápsulas entre ambas puestas de 30. El día de la cuarta revisión, se pudo

apreciar cómo de la puesta del periodo 2 quedaban solamente 3 cápsulas, mientras que de la puesta realizada durante el periodo 3 seguían estando las 12 cápsulas registradas en la revisión anterior. En la última revisión había un total de 15 cápsulas digitiformes.

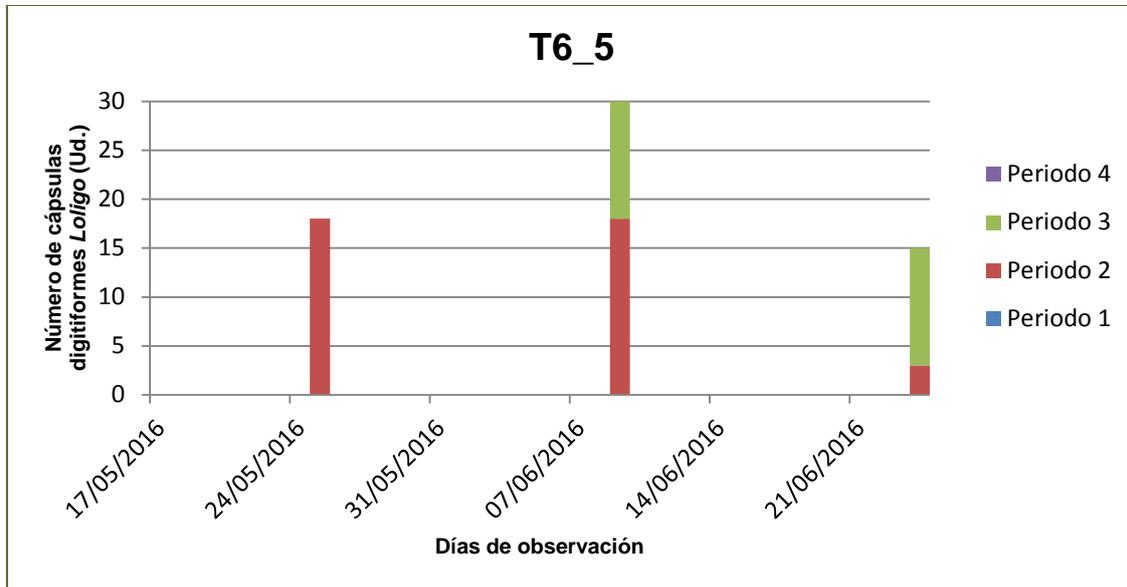


Figura 44. Representación gráfica de la evolución de puestas de *Loligo* en el punto T6_5 durante el periodo de observación.

En la Figura 45 se muestra la puesta hallada en el punto 9 del transecto 6 (T6_9). La puesta se encontró en la segunda revisión, por lo que fue realizada durante el periodo 2. El primer día que se pudo observar había una cantidad de 25 cápsulas digitiformes, de las cuales quedaban 20 los días de la tercera y cuarta revisión. Esta pérdida pudo ser debida a corrientes marinas o depredadores.

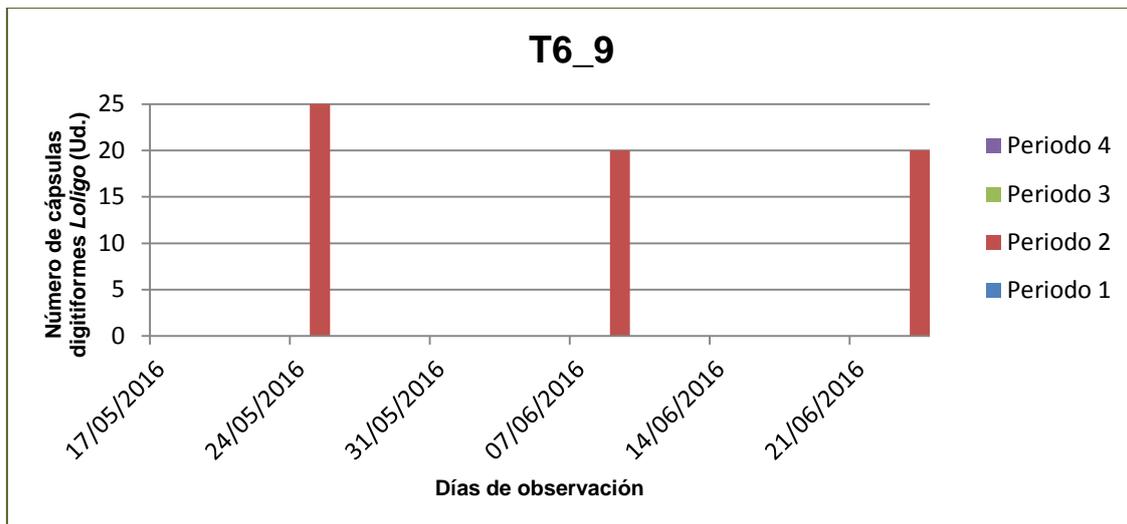


Figura 45. Representación gráfica de la evolución de puestas de *Loligo* en el punto T6_9 durante el periodo de observación.

En el último punto (punto 10) del transecto 6 (T6_10), representados sus datos en la Figura 46, fue realizada una puesta durante el periodo 2. Esta puesta hallada en la segunda revisión del estudio estaba formada por 30 cápsulas digitiformes. La evolución que siguió fue la misma que la descrita en los puntos T5_1 y T5_8. La

posible explicación sigue siendo que estas pequeñas pérdidas no deben ser debidas a una temprana eclosión, sino que seguramente se hayan desenganchado las cápsulas como consecuencia de alguna corriente marina más fuerte o por el ataque de algún depredador.

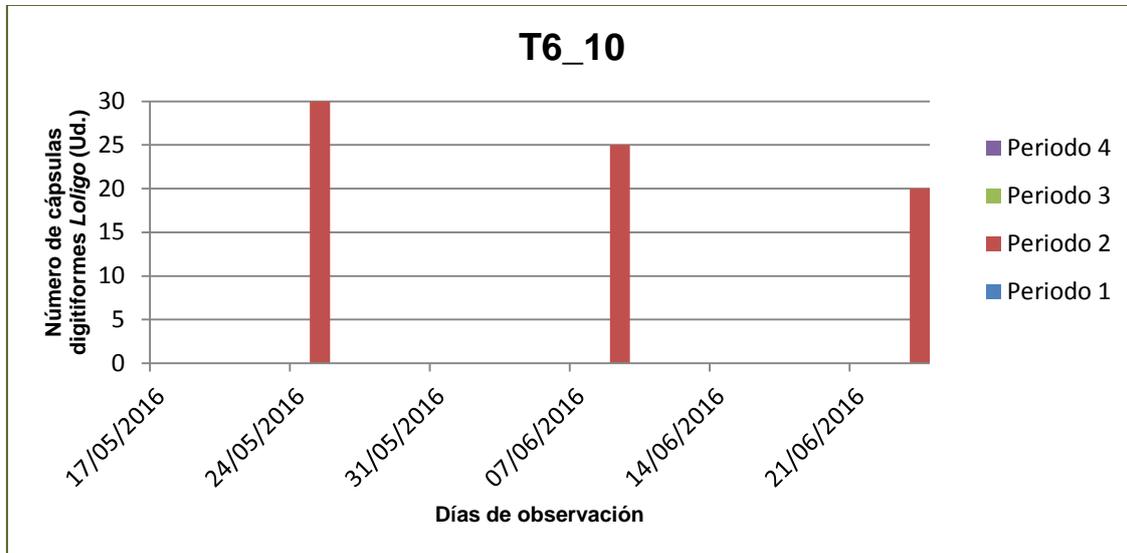


Figura 46. Representación gráfica de la evolución de puestas de *Loligo* en el punto T6_10 durante el periodo de observación.

En este caso no han sido halladas puestas en lugares que no fueran los cabos flotantes verticales de los transectos.

La suma de todas las puestas de calamar a lo largo de la duración del estudio llega a sumar un total de 303 cápsulas digitiformes, lo que significa que han sido 27270 huevos de calamar en total. En relación a la cantidad de huevos total y la fecundidad del género *Loligo*, es una buena cantidad de huevos. Comparando esta relación con la relación cantidad de huevos-fecundidad de las sepias, hay un total de huevos de calamar mayor que de huevos de sepia.

4.2.3. Dificultades

A lo largo del estudio surgieron una serie de complicaciones que dificultaron el desarrollo positivo de los sustratos fondeados. Concretamente, durante el periodo 3 se formó una gran cantidad de mucílago que cubrió todo el fondo marino así como los sustratos artificiales (Figura 47). El mucílago, conocido más comúnmente como “nieve marina” es una fracción orgánica particulada. Esta POM (Materia Orgánica Particulada) comprende una mezcla de pequeños organismos vivos, partes y piezas sobrantes de la comida de los organismos marinos y, material particulado creado a partir de procesos físico químicos de detritus solubles. El material tiene la apariencia general de los copos de nieve (aunque carece de su simetría característica) y se conoce comúnmente como nieve marina (Kaiser *et al.*, 2011).

La primera fase de la creación de partículas de nieve marina es la aglutinación. Por las fuerzas de cizallamiento, de fibrillas mucilaginosas hidratadas liberadas del plancton que forman partículas de expopolímeros transparentes o PET (Wotton, 2004). Los copos de nieve marina surgen por la colisión de PET. En las últimas fases de formación de esta abrumadora fracción de POM se llegan a formar guedejas como consecuencia de la unión de copos.

En su origen las diatomeas, las cuales constituyen la primera fase de formación de la nieve marina, tienen elevada capacidad de formar polímeros extracelulares. La gran cantidad de bacterias que aprovechan tanto la materia orgánica particulada como la disuelta, consumen oxígeno. Este consumo elevado de oxígeno, además de potenciar la anoxia en el medio, puede suponer un déficit importante en todas aquellas superficies cubiertas por guedejas, entre otras, los sustratos artificiales.

Así pues, la masiva aparición de estas masas bacterianas resultó una dificultad para el buen desarrollo del estudio. En la tercera revisión de los sustratos se encontró todo totalmente cubierto por guedejas (Figura 47), tanto los transectos como las estructuras añadidas al punto T2. Como consecuencia, se intuye que hubo menos puestas de las que se hubieran encontrado en caso de no haberse generado este fenómeno, si no se hallaron puestas en las estructuras añadidas al punto T2 cabe la posibilidad de que sea por la acumulación masiva de POM. Tal vez el éxito de las paralarvas hubiera sido más alto, ya que al cubrirse de estas guedejas han podido tener un déficit de oxígeno por el consumo bacteriano y por la falta de corriente de agua. Esto último no se puede saber con certeza ya que no se puede cuantificar con un estudio a mar abierto.



Figura 47. Situación de nieve marina formada durante el periodo 3, hallado el 09/06/2016.

Según se ha podido saber a partir de conversaciones con pescadores, este fenómeno no es la primera vez que se observa en esta área. De hecho, este fenómeno ha sido generalizado desde Vinarós hasta Xàbia, con lo que el área que se vio afectada fue muy extensa. En la cuarta y última revisión las guedejas habían desaparecido en su mayoría, pero se formaron en depresiones formadas por la arena burbujas de aire en el interior de las cuales se encontraba materia orgánica en descomposición, de color negro y de textura filamentososa. En el vídeo ([clic aquí](#)) se puede apreciar la textura, color y características que presentaba esta aglomeración de materia orgánica descompuesta.

Una observación que podría considerarse como inconveniente para una mejor efectividad son las profundidades en que se ubicaron los transectos. Si en lugar de a 7 metros, 11 metros y 15 metros, se hubieran fondeado a 5 metros, 7 metros y 10 metros, seguramente se hubieran hallado más puestas de sepia que de calamar y no a la inversa como ha ocurrido.

5. Conclusiones

A lo largo de este estudio se han podido consolidar algunas ideas iniciales que se tenía sobre la efectividad de la inclusión de sustratos artificiales en áreas donde se conoce que se realizan puestas de sepia y de calamar. Aunque el éxito no se puede considerar muy elevado, seguramente por la influencia de la aparición de la “nieve

marina”, ha habido una cantidad de puestas considerables, la cual ha ido en aumento tras la disminución de este fenómeno bacteriano.

En el inicio del estudio, se registró un número de puestas bajo, por lo que se incorporaron ciertas modificaciones a los transectos para aportarles características más cercanas a los sustratos naturales y se incorporaron también las estructuras rectangulares. Las estructuras rectangulares no tuvieron mucho éxito, tal vez por haber sido recubiertas de “nieve marina” poco después de su fondeo, pero las modificaciones realizadas a los transectos sí que tuvieron un notable efecto positivo. Se hallaron puestas que abarcaban tanto el cabo vertical como los finos cabos transversales. Además, las puestas más numerosas de *S. officinalis* se encontraron en el cabo horizontal que forma la base de los transectos, justo en el punto de unión de la horizontal con el cabo vertical que lleva a la boya de señalización. También en la jaula 3 se encontró una puesta muy numerosa distribuida por todo el exterior. Así pues, se puede afirmar que las superficies más entramadas resultan más atractivas para las puestas de *S. officinalis*.

Por otro lado, el género *Loligo* parece que se conforma con sustratos más simples, todas las puestas de *Loligo* se han encontrado en la parte superior del cabo flotante vertical, enganchadas justo debajo del flotador, excepto en alguna rara ocasión en que se han encontrado unos centímetros más abajo, sin dejar de engancharlos en el cabo vertical.

Una clara diferencia que se ha evidenciado durante el estudio es la diferencia de puestas según batimetrías. En el caso de *S. officinalis* no se han encontrado puestas por debajo de los 11 metros de profundidad, el rango de profundidades óptimo para las puestas de esta especie sería entre 5 y 10 metros de profundidad. Mientras que en el caso del *Loligo* no se ha hallado ninguna puesta en los transectos de 7 metros de profundidad, en los transectos de 11 y 15 metros han sido mucho más habituales encontrar sus cápsulas digitiformes. El rango batimétrico óptimo de puestas para este género se encuentra entre 10 y 20 metros. Estas diferencias vienen regidas por la temperatura del agua. Las diferencias son mínimas pero relevantes. Las puestas de *S. officinalis* difícilmente pueden desarrollarse en temperaturas por debajo de 15°C, siendo a esta temperatura un desarrollo embrionario lento. Las puestas de calamar pueden llegar a desarrollarse incluso a 12°C.

Los rangos de temperatura en que cada especie es capaz de llevar a cabo el desarrollo embrionario también influye en la duración de la temporada de puestas. Durante el periodo 3, se realizaron únicamente tres puestas de calamar y en el periodo 4 ninguna. Mientras que en el caso de la sepia, en el periodo 3 se realizaron tres puestas y en el periodo 4 se realizaron 4 puestas más, estas últimas fueron las puestas más numerosas. Por esto, se puede decir con certeza que las puestas de calamar cesaron antes que las puestas de sepia.

Finalmente, tras el detallado análisis de los resultados obtenidos en este estudio, se puede afirmar que la instalación de sustratos artificiales como lugares de puesta de sepia y calamar tiene una efectividad positiva. Ha resultado un estudio exitoso tanto en cuanto a cumplir los objetivos como para una ligera mejora del ecosistema marino. Esto último ha sido una consecuencia del fondeo de los sustratos artificiales, ya que especies diferentes han podido aprovechar también estos sustratos como lugares de puesta o como hábitat. Durante el estudio se han encontrado numerosos *Hippocampus* enganchados a los cabos de los transectos, sobre todo en los de menor profundidad, también en el transecto T1 se encontró un ejemplar de *Phalium*

granulatum, el cual realizó una numerosa puesta en este punto y se pudo observar también un *Octopus vulgaris* instalado en el interior de una de las estructuras rectangulares instaladas en el transecto T2.

El estudio se ha centrado en la zona pesquera de la localidad de Gandía, pero vista la efectividad, este método sería aplicable a todas aquellas zonas pesqueras que lo quisieran implantar.

6. Bibliografía

- Abecasis, D., Alfonso, P., O'Dor, R., & Erzini, K. (2013). Amall MPAs do not protect cuttlefish (*Sepia officinalis*). *Fisheries Research*, 147: 196-201.
- Alarcón, J. (2001). *Inventario de la Pesca Artesanal en España Mediterránea (2000 - 2001)*. Fuengirola: Centro Oceanográfico de Málaga.
- Almonacid Rioseco, E. (2006). *Contribución a la ecología de Sepia officinalis L. (Cephalopoda: Sepiidae) en Gran Canaria*. Las Palmas de Gran Canaria: Departamento de Biología, Universidad de las Palmas de Gran Canaria.
- Blanc, A., & Daguzan, J. (1998). Artificial surfaces for cuttlefish eggs (*Sepia officinalis* L.) in Morbihan Bay, France. *Fisheries Research*, 38: 225-231.
- Cefaparques, P. (04 de Julio de 2012). *Logística de los muestreos en Cíes*. Obtenido de sitio web de Proyecto Cefaparques: <http://cefaparques.blogspot.com.es/2012/07/logistica-de-los-muestreos-en-cies.html>
- Cofradía de Pescadores de Gandía. (2016). *Estadísticas de la Sepia*. Gandía.
- Domingues, P., Bettencourt, V., & Guerra, A. (2006). Growth of *Sepia officinalis* in captivity and in nature. *Life and Environment*, 56 (2): 109-120.
- Domingues, P., Sykes, A., & Andrade, J. (2002). The effects of temperature in the life cycle of two consecutive generations of the cuttlefish *Sepia officinalis* (Linnaeus, 1758), cultured in the Algarve (South Portugal). *Aquaculture International*, 10: 207-220.
- Doubleday, Z., Prowse, T., Arkhipkin, A., Pierce, G., Semmens, J., Steer, M., . . . Gillanders, B. (2016). Global proliferation of cephalopods. *Current Biology*, 26: 387-407.
- ECOCARTOGRAFÍAS. (2010). *Ecocartografías: HIDTMA*. Obtenido de sitio web de HIDTMA (Hidráulica y Medio Ambiente): <http://www.ecocartografias.com/descargas/cartografia-2/>
- EcoSea, P. (s.f.). *EcoSea*. Obtenido de <http://www.ecosea.eu/>
- FAO. (2016). *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fisheries and Aquaculture Department*. Recuperado el 21 de Junio de 2016, de <http://www.fao.org/figis/geoserver/factsheets/species.html>
- Fernández-Álvarez, F., Cuesta-Torralvo, E., Roig, L., Valls, G., Martins, C., Mirabel, J., . . . Villanueva, R. (11 de Septiembre de 2015). *Las primeras etapas de vida de los calamares oceánicos y su estudio a través de fecundación in vitro*. Obtenido de sitio web de La Biothèque: <http://www.labiotheque.org/2015/09/calamares-oceanicos.html>

- García, A., Gutiérrez, D., Ojea, E., & Pérez, D. (2013). *Prácticas Invertebrados No Artrópodos*. Obtenido de <http://practicasina2013.weebly.com/clase-cephalopoda.html>
- González, M. (17 de Abril de 2016). *Un proyecto para proteger la sepia*. Obtenido de El País, Bajo el Mar: http://elpais.com/elpais/2016/04/15/ciencia/1460716393_108438.html
- Gouyen, J., & O'Riordan, B. (2001). Economic ecology: An experiment with cuttlefish in South Brittany shows that it is possible to harmonize economy and ecology. *Samundra*, 37-39.
- Guerra, A. (1987). La reproducción de los moluscos cefalópodos. En C. A. Técnica, *Reproducción en Acuicultura* (págs. 187-200). Madrid: J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta.
- Guerra, A. (1992). Mollusca, Cephalopoda. En Á. Guerra Sierra, *Fauna Ibérica* (págs. vol. 1. RAMOS, M. A. et al. (Eds.)). Madrid: Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC. Madrid.
- Guerra, A., Garci, M., Hernández-Urcera, J., & González, A. (2013). *Hábitats para la puesta de cefalópodos en el Parque Nacional Marítimo Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia*. Vigo: Instituto de Investigaciones Marinas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).
- Hanlon, R., Ament, S., & Gabr, H. (1999). Behavioral aspects of sperm competition in cuttlefish, *Sepia officinalis* (Sepioidea: Cephalopoda). *Marine Biology*, 719-720.
- Kaiser, M., Attrill, M., Jannings, S., Thomas, D., Barnes, D., Brierley, A., . . . Rafaelli, D. (2011). *Marine Ecology: Processes, Systems and Impacts*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Natural Earth. (2016). *Downloads: Natural Earth*. Obtenido de Natural Earth: <http://www.naturearthdata.com/downloads/>
- Puertos del Estado. (04 de julio de 2016). *Oceanografía: Orevisión, tiempo real y clima*. Obtenido de Ministerio de Fomento: <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>
- Tirado, C., Rodríguez de la Rúa, A., Bruzón, M., López, J., Salas, C., & Márquez, I. (2003). *La Reproducción del pulpo (Octopus vulgaris) y del choco (Sepia officinalis) en la costa andaluza*. Sevilla: JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Agricultura y Pesca.
- Villanueva, R., Staaf, D., Argüelles, J., Bozzano, A., Camarillo-Coop, S., Nigmatillin, C., . . . Sakai, M. (2012). A laboratory guide in vitro fertilization of oceanic squids. *Aquaculture*, 125-133.
- Wotton, R. (2004). The essential role of expopolymers (EPS) in aquatic systems. *Oceanogr. Mar. Biol.* , 42: 57-94.